

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geobiologie



Bc. Monika Uhlířová

Diverzita flóry svrchního siluru Českého masivu a její srovnání
s obdobnými celosvětovými lokalitami

*Diversity of the upper Silurian flora of Bohemian Massif and its worldwide comparison
with coeval localities*

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Josef Pšenička, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce: prof. RNDr. Oldřich Fatka, CSc.

doc. RNDr. Viktor Žárský, CSc.

Praha, 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 22.8.2019

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala lidem, bez nichž by tato diplomová práce byla jen těžko uskutečnitelná. Tito lidé projevili nevídanou laskavost a podnítily ve mne motivaci a nadšení k sepsání práce.

Tímto velice děkuji svému školiteli RNDr. Josefu Pšeničkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, neochvějnou trpělivost, přívětivost a inspiraci. Naučil mne vidět věci ze zcela jiného úhlu pohledu, což mi pomohlo docílit nemála objevů. Rovněž velmi děkuji doc. RNDr. Jakubovi Sakalovi za jeho pomoc v prvních stádiích mého paleobotanického úsilí, pomoc při řešení jakéhokoliv problému a za stálý optimismus, který mne přiměl v práci vytrvat. Stejně tak děkuji svému konzultantovi prof. RNDr. Oldřichu Fatkovi, CSc. za jeho všeobecnou pomoc, vedení, rady a vidění potenciálu této práce. Za mnohá doporučení a za možnost využití mikroskopické techniky s optickým zařízením *camera lucida*, které bylo klíčovou pozorovací metodou při mém studiu, děkuji doc. RNDr. Petrovi Kraftovi, CSc. Zároveň děkuji doc. RNDr. Kataríně Holcové, CSc., za pomoc při řešení problémů během studia a organizaci výukového semináře z palynologie, který rozšířil mé obzory. Za asistenci během fotografování vzorků na Přírodovědecké fakultě velice děkuji RNDr. Martinovi Mazuchovi, Ph.D. Také mnohokrát děkuji RNDr. Evě Kadlecové a RNDr. Petrovi Budilovi, Ph.D. za jejich vlídnost a pomoc při fotografování vzorků ve sbírkách České geologické služby. Za možnost studia a fotografování vzorků ze sbírek Národního muzea děkuji RNDr. Jiřímu Kvačkovi, CSc. Nemalé dík patří také Mgr. Jakubovi Vodičkovi za jeho ochotu, podporu i věcné připomínky. V neposlední řadě děkuji Martinovi Součkovi za společné výpravy do lomu Kosov a mimořádný paleontologický elán, který kolem sebe šíří. Zvláště bych ráda poděkovala své rodině, která mi vždy byla velkou oporou a iniciovala můj zájem o paleontologii.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na diverzitu rostlinného společenstva svrchního siluru (přídolí) Barrandienu. Podstatná část je věnována revizi makrofosilních nálezů rostlin z Barrandienu daného období, které byly již dříve publikovány. Na základě detailního výzkumu jsou rostliny systematicky zařazeny a synonymizovány. Při studiu vzorků bylo užito výhradně nedestruktivních metod, zahrnující pozorování pod binokulárním mikroskopem, fotografickou dokumentaci, kresbu pomocí optického zařízení *camera lucida* či kresbu z detailních fotografií. Využito bylo techniky pozorování vzorků jak v denaturovaném lihu, tak zkoumání jejich reliéfu v suchém stavu s měnícím úhlem osvětlení. Kombinace poznatků z obou technik následně umožnila sestavení objektivních rekonstrukcí jednotlivých makrofosilií. Součástí popisu bylo také zjištění rozměrů rostlinných částí s využitím jednotného způsobu měření. Výsledkem této práce je evidence celkem sedmi již publikovaných vzorků, které představuje pět fosilních rodů rostlin. Jmenovitě se jedná o rody *Aberlemnia*, *Baragwanathia*, *Fusiformitheca*, *Tenanthosella* a *Tichavekia*. Rod *Tenanthosella* a typový druh *Tenanthosella obrhelii* jsou v rámci této práce popsány jako nové taxony na základě odlišných znaků, které se u jiných taxonů nevyskytují. Rozmanitost a paleoekologie rostlinného společenstva Barrandienu je dále stručně srovnána s obdobnými celosvětovými lokalitami.

Klíčová slova: fosilní rostliny, diverzita, silur, přídolí, Tenanthosella obrhelii, Barrandien

Abstract

The thesis deals with diversity of the upper Silurian (Přídolí) plant assemblage from the Barrandian. Important part constitutes a description of plant macrofossils of the Barrandian within this period, which have been previously published. Revision of those fossil plants also includes determination of plant genera and species, their systematic classification and synonyms. Only non-destructive methods were used to study the samples, including observation under a binocular microscope, photographic documentation, *camera lucida* drawings or drawings according to detailed photographs. For observing, there was used the technique of both immersion of the samples in denatured alcohol and examination of their dry relief in various beam angles. Combination of knowledge from both techniques subsequently enabled to create some objective reconstructions for the macrofossils. Measuring of plant dimensions by using a uniform method of measurement was a constituent part of the description as well. The result of this work is registration of seven previously published samples representing five fossil genera of plants. The genera namely contains *Aberlemnia*, *Baragwanathia*, *Fusiformithea*, *Tenanthosella* and *Tichavekia*. The genus *Tenanthosella* and the type species *Tenanthosella obrhelii* are described as new taxa in this work because of different features, which no other taxon possess.

Key words: fossil plants, diversity, Silurian, Přídolí, Tenanthosella obrhelii, the Barrandian

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Geologie Barrandienu	12
2.1	Silur v Barrandienu	13
3	Materiál	16
3.1	Způsob zachování.....	16
3.2	Lokality	16
4	Metodika	19
5	Systematická část	21
6	Diskuse.....	50
6.1	<i>Aberlemnia</i> sp.....	51
6.2	<i>Aberlemnia bohemia</i>	52
6.3	cf. <i>Fusiformithea</i> sp.....	53
6.4	<i>Tenanthosella obrhelii</i>	54
6.5	<i>Tichavekia grandis</i> – typový materiál.....	63
6.6	<i>Tichavekia grandis</i> (D–479)	65
6.7	<i>Baragwanatahia brevifolia</i>	67
7	Závěr	68
8	Literatura	69

1 Úvod

Přechod rostlin z vodního prostředí na souš představuje důležitý mezník v historii vývoje života na Zemi. Dramatické zvýšení koncentrace kyslíku v atmosféře během spodního paleozoika je odrazem již pokročilé diverzifikace a rozšíření suchozemského rostlinstva (Scott & Glasspool 2006). Na základě nálezů spór nepochybně suchozemských rostlin ze středního ordoviku (Vavrdová 1984, Strother et al. 1996) se odhaduje, že k terestrializaci rostlinami mohlo dojít během tohoto období (Steemans & Wellman 2003).

Spolu s čím dále širším využitím metod genomové sekvenace se v poslední době využívá také metody molekulárních hodin, která umožňuje odhad přibližné doby vzniku určité skupiny organismů, včetně možného vzniku suchozemských rostlin. Přestože mikrofosílie naznačují jejich vznik během ordoviku, je nutné brát v úvahu, že se daný taxon ve fosilním záznamu patrně neobjeví hned po svém vzniku. Dle molekulárních analýz (např. Cooper et al. 2012, Zhong et al. 2014) mohlo ke vzniku suchozemských rostlin dojít již během kambria.

První suchozemské rostliny byly pravděpodobně vystaveny nehostinným podmínkám a vytvoření adaptací bylo nezbytností. Ke svému přežití v terestrickém prostředí se rostliny potřebovaly přizpůsobit především k získávání vody a živin ze substrátu a jejich distribuci rostlinnými orgány, rozmnožování mimo vodní prostředí a výskytu CO₂ v atmosféře (Taylor et al. 2009). Přizpůsobení se patrně událo v jednotlivých krocích, zpočátku v rámci přechodného prostředí mezi vodou a souší. Postupem času se objevovaly rostlinné formy schopné zvládat život na souši stále lépe – od drobných rostlin typu mechorostů po složitěji diferencované rostliny cévnaté (Steemans et al. 2012, Wellman et al. 2013).

Podle Kenrick & Crane (1997) se suchozemské rostliny (Embryophytes) vyznačují mimo jiné diplobiontickým životním cyklem a hlavním indikátorem je přítomnost sporopolleninu uvnitř stěny spór. Na základě syntézy anatomických, morfologických a molekulárních dat z několika studií vytvořil Gerrienne et al. (2016) následující členění. Suchozemské rostliny se dle něj dělí na skupinu Marchantiophytes (jätrovky) a skupinu Stomatophytes (rostliny mající průduchy), která dále zahrnuje skupiny Anthocerotophytes (hlevíky) a Hemitracheophytes. Skupina Hemitracheophytes se vyznačuje hlavně vytrvalou diploidní generací (Kenrick & Crane 1997). Hemitracheophytes se dále dělí na skupinu Bryopsida (mechy) a skupinu Polysporangiophytes sensu Kenrick & Crane 1991, jejíž hlavní charakteristikou již dle názvu je větvený sporofyt nesoucí více než jediné sporangium (Kenrick

& Crane 1997). Do skupiny Polysporangiophytes spadá zároveň již většina silurských rostlin, které jsou typické dichotomicky větveným sporofytem zakončeným terminálními sporangii. Polytracheophytes se nadále člení do skupin Protracheophytes (mající v cévním svazku elementy typu hydroidů a leptoidů) a Tracheophytes (Gerrienne et al. 2016). Na základě typu tracheid se dále dělí na Paratracheophytes, s tracheidy typu S, a Eutracheophytes (pravé cévnaté rostliny) s pravými tracheidami (Kenrick & Crane 1997). Skupina se následně člení na skupinu Lycophytina (plavuně) a skupinu Euphyllophytina, do které spadají veškeré ostatní rostliny v rámci dvou velkých skupin Monilophytes a Spermatophytes.

Je široce přijímáno (např. Karol et al. 2001, Lewis a McCourt 2004, Donoghue 2005, Qiu 2008, Steemans 2009, Bowman 2013, Graham et al. 2014, Delwiche & Cooper 2015, Gerrienne et al. 2016), že suchozemské rostliny se mohly pravděpodobně vyvinout ze zelených řas. V tomto případě by pro přechod na souš bylo klíčové přechodné prostředí sladkých vod (Delwiche & Cooper 2015). Na základě provedených fylogenetických analýz (např. Turmel et al. 2007, Finet et al. 2010, Timme et al. 2012) by se pravděpodobně mohlo jednat o jednu ze tří skupin, a to: Charales, Coleochaetales nebo Zygnematophyceae. Skupiny Charales a Coleochaetales sdílí některé společné znaky s Embryophyta. Podle novějších fylogenetických studií (např. Wodniok et al. 2011, Wickett et al. 2014) je jako sesterská skupina k Embryophyta navrhována skupina Coleochaetales či Zygnematophyceae, případně by se mohlo jednat o linii s kombinací obou dvou skupin. Fylogenetický původ suchozemských rostlin je však stále předmětem debat.

První Embryophyta svým charakterem mohla v mnoha ohledech připomínat recentní mechorosty (Graham et al. 2014), a to především svou schopností přežití na souši, kdy jsou rostliny vázané na blízkost vodního prostředí či vlhké substráty. Afinitu k mechorostům by podporovaly také nálezy fosilních spor ze středního ordoviku, v jejichž stavbě stěny jsou jisté analogie s játrovkami (h.v. Strother et al 1996).

Fosilní zbytky nejstarších rostlin je možné klasifikovat zpravidla pouze dle morfologických, popřípadě i vzácně anatomických znaků. Potenciál k fosilizaci se zvyšuje rostoucím množstvím rostlinných pletiv a jejich rezistence. Vzhledem k absenci mechanických pletiv je tento potenciál u bezcévných rostlin velmi nízký až mizivý. Afinitu k suchozemským rostlinám je naopak možné předpokládat u nálezů rostlinných fosilií s přítomnými průduchy, kořenovým systémem či u zachovaných rovných osových částí rostlin, naznačující vzpřímený růst v suchozemském prostředí, popřípadě s přítomnými vodivými elementy, které se

u nejstarších rostlin vyskytují v několika typech – typy S, G (Kenrick et al. 1991, Edwards 1993, Kenrick & Crane 1997, Edwards 2003), P (Kenrick & Crane 1997, Edwards 2003), případně C (Edwards 2003). Nicméně vzpřímený růst mohl být u drobných rostlin zprvu udržován turgorem (Boyce 2008), zatímco u pokročilejších rostlin cévnatých *sensu lato* tvořily značnou oporu vodivé elementy. Na základě charakteru výztuží stěn a perforace vodivých elementů jich lze rozeznat několik typů. Pokud nejsou přítomny vodivé elementy *in situ*, které by cévnatost daného zástupce potvrdily, je třeba tyto rostliny považovat spíše za bezcévné, případně jako přechodné články ve vývoji směřující k rostlinám cévnatým.

Ačkoliv nejstarší makrofosílie nepochybně suchozemských (a pravděpodobně cévnatých) rostlin jsou zachovány ze siluru, oddělení wenlock (Libertín et al. 2018), jejich přítomnost nám prozrazují některé sporné nálezy makrofosílií či disperzních spór.

Nejstarší, drobné a stavbou jednoduché mikrofosílie svým tvarem podobající se spórám a objevující se ve fosilním záznamu již od kambria jsou označeny pod pojmem kryptospóry (Richardson et al. 1984, Strother 1991). Oproti později se vyskytujícím spórám suchozemských rostlin vyznačují se svou výrazně menší velikostí a některé mohou být kryté vnějším obalem, který bývá především směrem do mladších období s nenápadnou povrchovou ornamentací (Steemans et al. 2012). Rostlinní původci těchto typů spór nejsou známy a podle Edwards et al. (2014) jsou nazývány pod pojmem „kryptofyty“. Nálezy kryptospór jsou známy až do devonu (Steemans et al. 2012).

Jelikož je určení klasifikace spór/kryptospór umožněno pouze na základě morfologie, je často obtížné odlišit je od ostatních palynomorf. Rostlinného původu by mohly být dokonce již kambrické nálezy palynomorf, které popsali Taylor a Strother (2008) z členu Bright Angel Shale v Arizoně (oddělení 3, stupeň drum). Na základě uskupení (dyády a tetrády) a laminované stěně spór se Taylor a Strother (2008) jednotně shodují, že původcem by mohl být řasový předeck suchozemských rostlin (Taylor a Strother 2008). Podobné nálezy palynomorf ze středního kambria popisují také Strother & Beck (2000) a Taylor (2009). Pokud by tyto nálezy patřily do mezi Polysporangiophytes *sensu* Kenrick & Crane 1991, podporovaly by hypotézy molekulárních biologů (např. Cooper et al., 2012, Zhong et al., 2014), kteří pomocí molekulárních hodin odhadují vývoj suchozemských rostlin již během kambria.

Za nejstarší mikrofosilní doklad náležící jednoznačně k suchozemským rostlinám jsou považovány nálezy tetrad ze středního ordoviku (stupeň darriwil ~ Ilanvirn) Saudské Arábie (Strother et al. 1996) a České Republiky (Vavrdová 1984). Předpoklad afinity k játrovkám

vznikl především na základě podobnosti uskupení spór v permanetních tetrádách, které produkují některé recentní jätrovky. To podporuje také výjimečný nález *in situ* spór uvnitř fragmentu podobající se tobolkám mechorostů (Edwards & Kenrick 2015).

Ze svrchního ordoviku (stupeň katian ~ králodvor) Saudské Arábie jsou také popsány rostlinné mesofosílie, představující sporangia neznámé biologické afinity s uvnitř zachovanými spórami (Wellman et al 2003). O něco mladší nálezy představují makrofosilní zbytky rostlin, popsané Salomon et al. (2018) ze svrchního ordoviku (hirnant ~ kosov) v souvrství Zalesie ze Svatokřížských hor v Polsku. Fosílie představují fragmentované osy a terminální sporangia, připomínající rostlinu rhyniophytoidního typu. Jeden z fragmentů odhalil také přítomnost struktury, jejíž morfologie se nápadně podobá rostlinnému průduchu. Přestože rostlinné fragmenty jeví některé znaky typické pro většinu silurských rostlin (úzké, holé, dichotomicky větvené osy), vzhledem k fragmentaci materiálu a přítomnosti pouze nejistých struktur připomínající sporangia, zůstávají tyto nálezy stále předmětem debat.

Nástupem spodního siluru značně pokleslo množství obalených kryptospór ve fosilním záznamu (Kenrick et al. 2012) a naopak se zvýšilo množství různěji ornamentovaných trilétních spór (Kenrick et al. 2012, Traverse 2007), což se odráží také v makrofosilním záznamu stále častějšími nálezy rostlinných společenstev. Velké množství disperzních spór ve fosilním záznamu odráží strategii nejstarších rostlin, které byly isosporické z důvodu efektivnějšího osidlování souše a jejich početnost výrazně převyšuje početnost rostlin, které je vytvářely (Wellman et al. 2013).

Nejstarším makrofosilním nálezem patrně suchozemské rostliny byl objev rostliny rodu *Cooksonia* Lang 1937 ve sbírkách Joachima Barranda. Vzorek dle původního popisného štítku pochází z Loděnice u Prahy, konkrétně z motolského souvrství (Libertín et al. 2018). Od ostatních běžně v siluru se vyskytujících rostlin rodu *Cooksonia* se odlišuje především na základě velikosti s průměrem os více než 1 mm (Libertín et al. 2018) byla popsána pod názvem nového druhu, *Cooksonia barrandei* Libertín, J. Kvaček, Bek, Žárský, Štorch 2018.

Makrofosilní nálezy suchozemských rostlin jsou v tomto období velmi vzácné především z důvodu jejich nízkého potenciálu k fosilizaci a téměř chybějících suchozemských sedimentů. Všechny nálezy rostlinných makrofosilií během siluru jsou tedy patrně přepravené z nedaleké pevniny (Wellman et al. 2013). Lze předpokládat, že rostliny svým životem vázané na růst u břehu budou v makrofosilním záznamu zastoupeny nejvíce, což může ve výsledku značně zkreslovat představu o jejich tehdejší diverzitě (Steevens et al. 2012, Wellman et al.

2013). Je pravděpodobné, že rostliny již osidlovaly také sušší habitaty, ať už z důvodu náhodné disperze či následkem kompetice s ostatními rostlinami (Wellman et al. 2013). U takových typů je však potenciál pro zachování výrazně snížen.

V průběhu siluru přibývají nálezy makrofosilií rostliny rodu *Cooksonia* Lang 1937. Rostlina byla prvně popsána W. H. Langem roku 1937. Lang (1937) definuje rod *Cooksonia* jako typ rostliny s dichotomicky větvenými bezlistými a úzkými osami, které jsou zakončeny sporangii. Tato charakteristika stručně odpovídá vzhledu nejstarších suchozemských rostlin. Na základě menších odlišností (tvar sporangií, charakter hranice mezi osou a sporangiem, počet bodů větvení, typ zachování) bylo následně popsáno několik druhů. V současné době jsou akceptovány druhy: *C. pertoni* Lang 1937, *C. hemisphaerica* Lang 1937, *C. banksii* Habgood et al. 2002, *C. cambrensis* Edwards 1979 a *C. paranensis* Gerrienne et al. 2001. Cévnatost byla prokázána pouze u druhu *C. pertoni* díky nálezům vodivých elementů *in situ* (Edwards et al. 1992). Rod *Cooksonia* přetrvává hojně ve fosilním záznamu přibližně do spodního devonu. Další významné rody, objevující se během siluru, jsou: *Aberlemnia* Genez & Gerrienne 2010, *Salopella* Edwards & Richardson 1974, *Steganotheca* Edwards 1970, *Tortilicaulis* Edwards 1979, *Hedeia* Cookson 1935, *Zosterophyllum* Penhallow 1892 a *Baragwanathia* Lang & Cookson 1935,

Z Českého masivu, konkrétně oblasti Barrandienu, pochází nejstarší mikrofosilní (Vavrdová 1984) i makrofosilní (Libertín et al. 2018) doklady suchozemských rostlin. Vzhledem k nápadné bohatosti na makrofosílie rostlin některých silurských lokalit Barrandienu lze odhadovat velmi příznivé prostředí pro jejich výskyt. Jedním z podstatných faktorů (jako je např. teplé klima, vhodný substrát, blízkost vody), které přispěly ke kolonizaci souše rostlinami během siluru právě v této oblasti, mohla být přítomnost vulkanických ostrovů (Kraft et al. 2018), v jejichž blízkosti se rostlinné makrofosílie nachází. Příznivé panující podmínky ovlivňovaly další vývoj těchto rostlin a podmínily jejich další speciaci. Fosilní záznam svrchního siluru dokládá již pokročilou rostlinnou diverzitu (h.v. Kraft et al. 2018), která je předmětem této diplomové práce. Cílem práce je zpracování přehledu rostlin ze svrchního siluru Barrandienu a jejich srovnání s rostlinnými společenstvy ve světovém měřítku. Podstatná část je věnována revizi sedmi již publikovaných makrofosilních vzorků stáří přídolí, které byly na území Českého masivu nalezeny. Složitost dvou druhů rostlin vyžaduje podrobnější pozorování a jejich popisy budou detailněji rozvedeny.

2 Geologie Barrandienu

Barrandien představuje světově známou paleontologickou lokalitu, nazvanou dle významného badatele Joachima Barranda (Chlupáč 1992), který popsal své fosilní nálezy ve více než dvou desítkách spisů. Horniny tvořící oblast Barrandienu se odlišují na základě nekonformity na starší svrchnoproterozoické a mladší celek hornin spodního paleozoika (Chlupáč 1998).

Svrchnoproterozoický celek prodělal značnou deformaci následkem orogenetických pochodů. Rozlišuje se na skupinu kralupsko-zbraslavskou a skupinu štěchovickou (Chlupáč et al. 2011). Skupina kralupsko-zbraslavská zahrnuje převážně droby a prachovce, zatímco skupina štěchovická zaujímá sedimenty charakteru flyše (Chlupáč et al. 2011). Z těchto poloh nejsou známy žádné potencionální zbytky suchozemských rostlin.

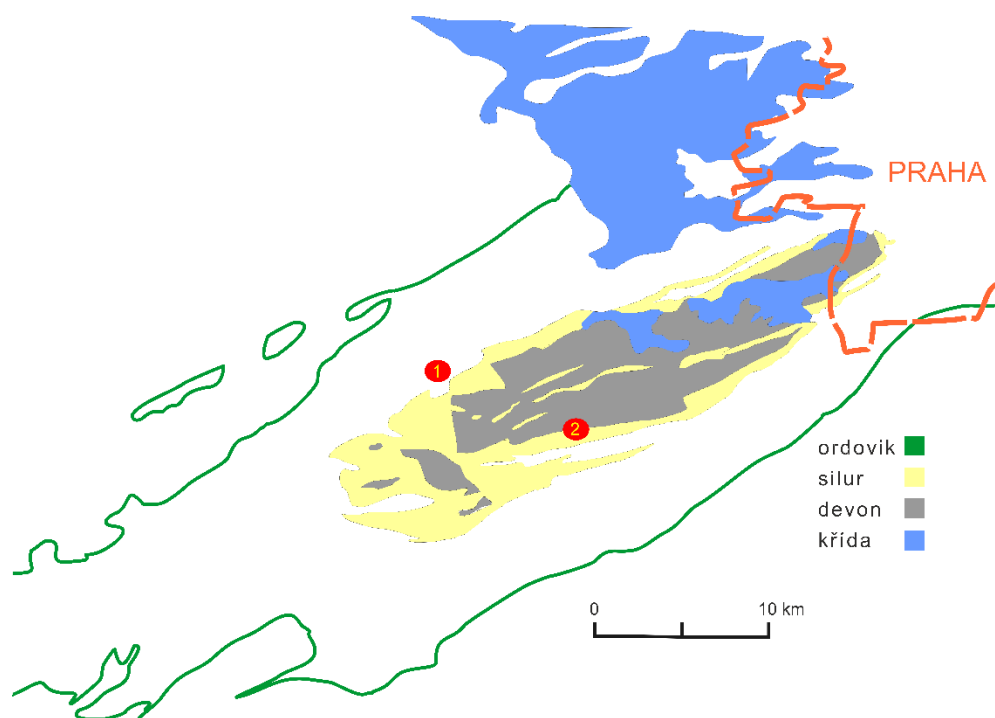
Svou bází jsou rovněž nekonformně uloženy kontinentální sedimenty kambrické, na kterých pokračuje sled střednokambrických sedimentů mořského původu (Havlíček 1992). Ukládání sedimentů probíhalo především v rámci pánve příbramsko-jinecké s převládajícími pískovci a slepenci (Havlíček et al. 1958, Havlíček 1998).

Po následující delší období ordoviku až středního devonu se sedimenty akumulovaly v protáhlé depresi riftového typu, jejíž hluboké poruchy měly za následek různou mobilitu jednotlivých částí dna (Havlíček 1992), což fungovalo jako jakýsi komplex menších pánví s odlišným litologickým vývojem. Tento sedimentační prostor byl označen Havlíčkem (1981, 1982) jako pražská pánev (Obr. 1). Lze se setkat také s přesnějším termínem pražská synforma (Melichar 2004).

Ukládání sedimentů v pražské pánvi následuje po přerušení v sedimentaci (Havlíček et al. 1958) mocným ordovickým sledem, tvořeným zejména pískovci a břidlicemi (Havlíček 1998), přičemž intenzivní vulkanická činnost způsobila rovněž výraznou akumulaci vulkanického materiálu. Ze středního ordoviku Barrandienu (šárecké souvrství) pocházejí nejstarší nálezy spór ve skupinách tetrad (h.v. Vavrdová 1984). Koncem ordoviku je zaznamenáno výrazné ochlazení, vedoucí až ke globálnímu zalednění s velkým vymíráním organismů (Chlupáč et al. 2011).

Ordovické vymírání mělo dopad na sedimentaci spodního siluru, který je typický dominancí černých břidlic, tvořených značným podílem organické hmoty (Kříž 1998). Tato facie je ve svrchní části siluru nahrazena vápenci a vápnitými břidlicemi (Kříž 1992b).

Usazování vápenců pokračuje až do devonu, kdy se oblast Barrandienu již nachází v tropech, což se projevuje stabilními ekologickými podmínkami, vhodných pro diverzifikaci mnoha skupin organismů. Sedimentaci podstatněji ovlivňují pouze oscilační změny, které se odráží v zrnitosti sedimentů (Chlupáč 1998). Sedimentační cyklus pražské pánve netrvá dlouho a ve středním devonu je ukončen následkem projevů variské orogeneze (Havlíček et al. 1958, Chlupáč et al. 2011).



Obr. 1. Náskres mapy pražské pánve s vyznačením zastoupených hornin (upraveno podle Chlupáč et al. 1998), zjednodušeno. Červené body označují místa nálezů svrchnosilurských rostlinných makrofosilií, 1 – lom Kosov u Berouna, 2 – Karlštejn.

2.1 Silur v Barrandienu

V rámci pražské pánve pokračuje období siluru ukládáním mořských sedimentů, které jsou převážně tvořeny ve spodním siluru nejprve graptolitovými břidlicemi (Havlíček et al. 1958, Kříž 1992a, 1992b, 1998), přičemž vlivem teplých podmínek v průběhu útvaru začínají postupně převažovat sedimenty karbonátové (Havlíček et al. 1958, Kumpere & Vašíček 1988, Kříž 1992a, 1992b, 1998). Delší doba ukládání sedimentů odráží vzdálenější umístění zdrojových elevací (Kříž 1992a, 1992b, 1998), které do té doby zásobovaly pánev sedimenty,

což bylo způsobeno pohybem skupiny mikrokontinentů, jejichž součástí byla i oblast Barrandienu, směrem k severu od kontinentu Gondwana. Teplé klimatické podmínky siluru se pohybem k rovníku zintenzivňují (Kříž 1992a, 1992b), což je předzvěstí blížícího se nástupu tropického devonu. Vyjma oscilací mořské hladiny usměrňuje sedimentaci vulkanismus, který je soustředěn na velkých zlomech v podobě vulkanických center (Kříž 1992a). Pomineme-li jistě existující malé vulkány, vyskytuje se v období siluru v rámci pražské pánve pět vulkanických center (Kříž 1992a), z nichž mezi nejznámější patří svatojánské a kosovské. Během intenzivní vulkanické činnosti, která se naposledy ozývá v ludlow (Kříž 1992a), byly vrcholové části některých vulkánů následkem oscilačních změn hladiny a změnou mobility pánevního dna po určité krátké období vynořeny (Kříž 1992a). Ty pak mohly především ve svrchním siluru sloužit jako pevninské plochy vhodné pro rozvoj suchozemských rostlin (Kraft et al. 2018). Z mořské fauny se v okolí vulkánů prospívá hlavně bentos, který využívá těchto teplejších mělkých vod s nahromaděným vulkanickým materiálem (Kříž 1992a). Ve svrchním siluru je patrná již značná litologická rozrůzněnost (Havlíček et al. 1958, Kříž 1992a, 1992b), která je dána především hloubkou pánve, přičemž sedimenty z větších hloubek se vyznačují jemnou texturou, zatímco v rámci mělkých vod se tvořily sedimenty hrubozrnné (Kříž 1992a), tvořené hlavně fragmenty schránek zmíněných bentosních organismů. Horniny siluru jsou v pražské pánvi členěny do pěti souvrství. Jmenovitě se jedná o souvrství želkovické, litohlavské, motolské, kopaninské a požárské (Kříž 1992a, 1992b, 1998) (Obr. 2).

Souvrství želkovické, definováno Křížem (1975) svým rozsahem odpovídá přibližně stupňům rhuddan až aeron. Tvoří jej téměř výhradně černé břidlice, jejichž zbarvení je výsledkem velkého množství organické příměsi. Jejich vznik byl podle Kříže (1992a) spjat s výskytem chladných anoxických vod na šelfech, které takto stoupily následkem eustatického zvýšení hladiny po skončení svrchnoordovického zalednění.

Litohlavské souvrství, rovněž definováno Křížem (1975) zahrnuje necelý stupeň telych (svrchní llandovery). Přestože během tohoto období nastává snížení dna pražské pánve (Kříž 1992a), oproti předchozímu souvrství se projevuje faciální změnou s nastupující karbonátovou složkou a je tvořeno převážně jílovito-vápnitými břidlicemi (Horný 1955, Kříž 1992a).

Souvrství motolské, definováno Křížem (1975) je ze všech pěti souvrství největšího stratigrafického rozsahu, zahrnující nejsvrchnější telych, sheinwood a homer (zhruba odpovídající wenlocku). Typicky je souvrství v pražské pánvi zastoupeno převážně vápnitými břidlicemi (Havlíček 1958, Kříž 1992a).

Souvrství kopaninské, definováno Prantlem a Přibylem (1948), zahrnuje rozsah stupně gorst až ludford (přibližně odpovídající ludlow). Charakteristickými horninami jsou zde přetrvávající vápnité břidlice s místy se objevujícími vápencovými nodulemi (Havlíček et al. 1958, Kříž 1992a), přičemž následkem zvýšené vulkanické aktivity především ve spodní části souvrství je v sedimentech výrazně zastoupen tufitický materiál (Kříž 1992a).

Nejmladším souvrstvím, jehož mezinárodní bazální stratotyp byl roku ustanoven v lomu Požáry u Řeporyj (Kříž et al. 1986) je požárské souvrství, odpovídající oddělení přídolí. Následkem výrazného eustatického zdvihu mořské hladiny došlo ke zjemnění zrnitosti sedimentů, což dovolilo rozlišit litostratigrafickou hranici (Kříž 1992a). Typické sedimenty v nadcházejícím vývoji souvrství jsou v pražské pánvi zastoupeny kalovými vápenci a vápnitými břidlicemi (Havlíček et al. 1958, Kříž 1992a).

<i>odd.</i>	<i>st.</i>	
přídolí		požárské souvrství
ludlow	ludford	kopaninské souvrství
	gorst	
wenlock	homer	motolské souvrství
	shwinwood	
llandoverý	telych	litohlavské souvrství
	aeron	želkovické souvrství
	rhuddan	

Obr. 2. Litostratigrafie siluru pražské pánve (podle Kříže 1992a), zjednodušeno.
Zkratky: odd = oddělení, st. = stupeň.

3 Materiál

Studovaný materiál zahrnuje sedm již publikovaných rostlinných makrofosílií, které jsou uloženy ve sbírkách veřejných institucí. Tři makrofosílie uložené ve sbírkách Národního muzea (vzorky D–475, D–477 – otisk a D–476 – protiotisk; D–479) popsané Obrhelem (1962) a zařazeny do rodu *Cooksonia* Lang 1937. Další dvě rostliny pochází ze sbírek Západočeského muzea v Plzni. Jedná se o rostliny rodu *Tichavekia* Pšenička, Sakala et Kraft 2018 (vzorek WBM F21761b – otisk a WBM F21761a – protiotisk) a *Fusiformitheca* Xue et Wang 2011 (vzorek WBM F21762). Jeden vzorek (KR1) rodu *Baragwanathia* Lang & Cookson 1935 je uložen ve sbírkách České geologické služby a makrofosílie rodu *Aberlemnia* Genez & Gerrienne 2010 (JE–Sch0260A – otisk, JE–Sch0260B – protiotisk) je uchována ve sbírkách v Naturhistoriska Riksmuseet ve Stockholmu.

3.1 Způsob zachování

Jedná se o rostlinné makrofosílie, které jsou zachovány jako stlačené zuhelnatělé otisky ve vápencích a vápnitých břidlicích. Kvalita zachování se různí, především na základě zrnitosti sedimentu, přítomnosti organického detritu a případné míry povrchové oxidace.

Fosílie představují fertilní části sporofytů rostlin. V místech s větším množstvím rostlinného materiálu (např. potenciální terminální sporangia) kompakce a další faktory (e.g. okolní chemismus, stupeň odolnosti rostlinných pletiv) způsobily, že kontury jsou neostré. Míra akumulace organiky v rostlinných orgánech zároveň ovlivňuje intenzitu zbarvení zuhelnatělého filmu.

3.2 Lokality

Všechny popisované vzorky pochází z požárského souvrství (přídolí) v rozsahu zón *Neocolonograptus parultimus* – *Neocolonograptus ultimus*. Vyjma jednoho vzorku (KR1, *Baragwanathia brevifolia*), který pochází z Karlštejna (Obr. 1 – červený bod č. 2), jsou ostatní vzorky z lomu Kosov u Berouna (Obr. 1 – červený bod č. 1). Lokalitu vzorku KR1, nalezeného v Karlštejně vzhledem k jejímu umístění na soukromém pozemku nelze detailněji litologicky specifikovat. Schématická mapa lokality v Karlštejně zobrazuje Obr. 3.



Obr. 3. Schématická mapa s vyznačením výskytu nálezu makrofosílie *Baragwanahia brevifolia* v Karlštejně (upraveno podle Kraft & Kvaček 2017), zjednodušeno.

Lom Kosov je tvořen sledem silurských hornin stáří wenlock až přídolí o mocnosti více než 200 m (Kříž 1992a). Chronostratigrafická hranice oddělení ludlow/přídolí je v lomu situována v severovýchodní části v profilu č. 356, kde je zároveň totožná s hranicí litostratigrafickou, která odděluje kopaninské a požárské souvrství (Vokáč et al. 2019). Na hranici je patrná patrná nesourodost v zrnitosti sedimentů v porovnání s předchozím souvrstvím kopaninským, které je narozdíl od jemnozrnných vápenců přídolí tvořeno hrubšími vápenci biomikritickými (Kříž 1992a). Požárské souvrství je zde zachováno v nekompletním sledu, nejvýše zhruba do středních partií (Vokáč et al. 2019).

Rostlinné fosílie oproti zdejší fosilní fauně jsou relativně nehojné. Jejich nálezy byly v lomu Kosov popsány Obrhelem (1962), Schweitzerem (1980), Křížem (1992a) a Kraftem et al. (2018). Zatímco Kříž (1992) ve své práci popisuje výskyt rostlin rodu *Cooksonia* Lang 1937 ve spodní části požárského souvrství v profilu 356, nález cf. *Fusiformitheca* sp. a typového materiálu *Tichavekia grandis* Pšenička, Sakala & Kraft 2018 pochází v rámci souvrství výše (Kraft et al. 2018) (Obr. 4). Konkrétní část profilu s výskytem makrofosílií *Tichavekia grandis* (typový materiál) a cf. *Fusiformitheca* sp. ukazuje Obr. 5.



Obr. 4. Schéma lomu Kosov (upraveno podle Kříž 1992a). Červený bod vyznačuje místo nálezů rostlinných makrofosilií *Tichavekia grandis* (typový materiál) a *?Fusiformithec*a sp.. Hnědě vyznačené linie představují stěny lomu a čísla představují označení profilů. Modře je vyznačena vodní plocha.

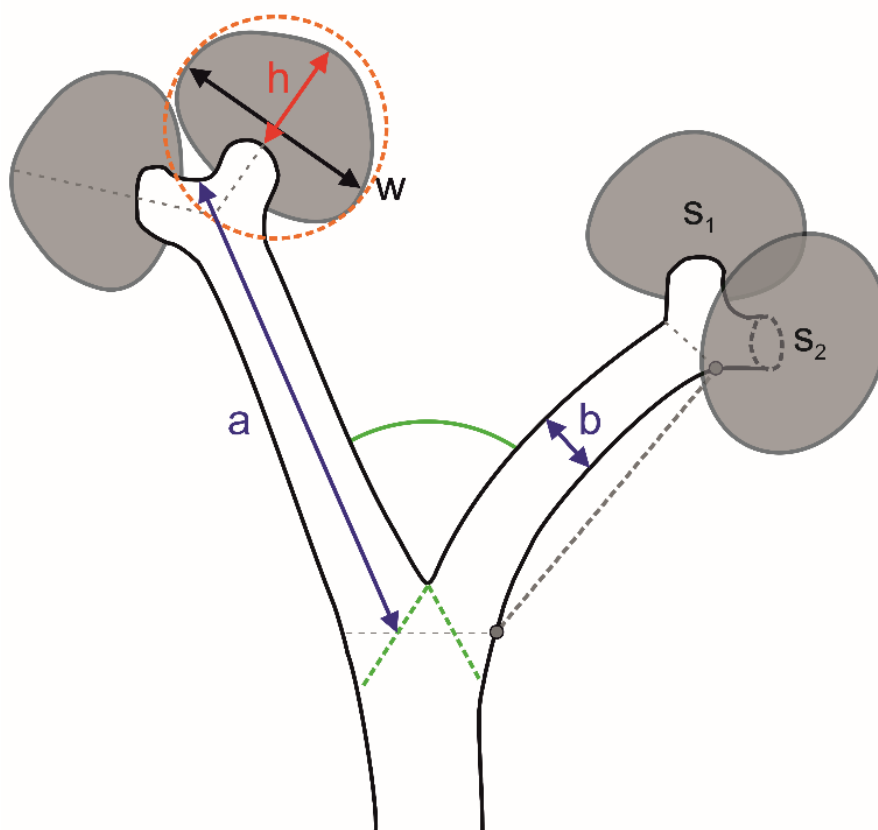


Obr. 5. Místo nálezů rostlinných makrofosílií *Tichevkia grandis* (typový materiál) a cf. *Fusiformitheca* sp. v požárském souvrství lomu Kosov. Fotografie pořídil Martin Souček.

4 Metodika

Vzhledem k obsáhlosti práce a jedinečnosti materiálu byly vzorky studovány pouze na základě vnějších morfologických znaků s využitím výhradně nedestruktivních metod. Vyjma vzorku *Aberlemnia bohémica* (Schweitzer) Sakala, Pšenička & Kraft 2018 (vzorek JE–Sch0260A – otisk a JE–Sch0260B – protiotisk), uložených v Naturhistoriska Riksmuseet ve Stockholmu, které byly popisovány pouze na základě fotografií, byly veškeré ostatní vzorky osobně studovány. Základní technikou bylo pozorování vzorků ponořených v denaturovaném lihu, doplněnou o studium suchého reliéfu pod různým úhlem osvětlení. Následná kombinace poznatků z obou pozorování umožnila detailní popis vzorků a vytvoření objektivních rekonstrukcí. Při popisu jednotlivých vzorků se postupovalo systematicky, vždy od proximální k distální části rostliny. Popis byl zaměřen na charakteristiku rostlinných částí, tedy os a sporangií jak posouzením z celkového pohledu, tak v detailu. Pro potřeby srovnávání

parametrů rostlinných orgánů byly vzorky měřeny na základě fotografií. Hlavními parametry byly šířky a délky os, šířky a výšky sporangií a úhly větvení. Rozměry byly získány jednotným způsobem měření, který je názorně zobrazen na Obr. 6. Většina pozorování byla provedena s využitím binokulárního mikroskopu Olympus SZX12. Nedílnou součástí byla vlastnoruční kresba za pomoci optického zařízení camera lucida připojeného k binokulárnímu mikroskopu Olympus SZX12 či kresba z detailních fotografií. Fotografie byly pořízeny z několika typů fotoaparátů (Canon EOS 5D Mark III, Canon EOS 6D, Nikon D750, Olympus DP73), z toho některé s použitím polarizačního filtru.



Obr. 6. Metody měření os a sporangií. Délka osy (a) a šířka (b). Oranžová kružnice kolem sporangia napomáhá jednotnému měření parametrů – střed kružnice tvoří průsečík na sebe kolmých linií pro měření výšky (h) a šířky (w) sporangia, přičemž rovina linie výšky je zároveň středovou linií krátké terminální osy. Sporangia jsou stlačena dorso-ventrálně (s_1) či apiko-basálně (s_2). Šedá přerušovaná čára představuje rovinu podél spodního okraje osy, mezi její bazální a distální tečnou, což umožňuje určit charakter zakřivení osy – konkávní či konvexní. Úhel větvení vyznačují zelené linie, jejichž proximální protažení poskytuje přibližné hranice bází bočních větví.

5 Systematická část

V následující části je užito systematické dělení podle Gerrienne et al. 2016.

Skupina: **Polysporangiophytes** sensu Kenrick & Crane 1991

rod: *Aberlemnia* Gonez & Gerrienne 2010

Typový druh: *Aberlemnia caledonica* (Edwards) Gonez & Gerrienne 2010

Holotyp: vzorek R.S.M. 1967. 30. 2P a C (Edwards 1970, pl. 87, obr. 1–10); coll. Royal Scottish Museum, Edinburgh

Locus typicus: lom Aberlemno u Turin Hill

Stratum typicum: Cairnconnan Group, Dittonian Stage Lower Old Red Sandstone of Scotland

Diagnóza (Edwards 1970):

„Incomplete plant at least 6–7 cm. high. Naked dichotomously branching axes 0.4–1.8 mm wide (average 0.65 mm.). Terminal spherical to oval sporangia, some are reniform. Border (0.1–0.2 mm. wide) sometimes present. Globose sporangia 1.2–2.0 mm. high (average 1.7 mm.) by 1.3–2.2 mm. wide (average 1.8 mm.). Oval ones 1.1–1.8 mm. high (average 1.6 mm.) by 1.3–3.0 mm. wide (average 2.4 mm). Axis widens slightly below sporangium.“¹

druh: *Aberlemnia* sp.

Revidovaný materiál: vzorky D–477 (otisk, Tab. 1D) a D–476 (protiotisk); coll. Národní muzeum

Poznámka: Původně popsáno Obrhelem (1962) jako *Cooksonia* sp.

¹ [„Nekompletní rostlina, nejméně 6–7 cm vysoká. Holé dichotomicky větvené osy, 0,4–1,8 mm šířky (průměr 0,65 mm). Terminální kulatá až kulovitá sporangia, některá ledvinovitá. Místy přítomna hranice (0,1–0,2 mm šířky). Kulovitá sporangia 1,2–2 mm výšky (průměr (1,7 mm) k 1,3–2,2 mm šířky (průměr 1,8 mm). Oválná sporangia 1,1–1,8 mm výšky (průměr 1,6 mm) k 1,3–3 mm šířky (průměr 2,4 mm). Osa se pod sporangiem mírně rozšiřuje.“] (vlastní překlad)

Popis:

Fragment o celkové velikosti 2,4 cm tvoří patrně distální větvenou část původní rostliny. Představuje dvakrát dichotomicky větvenou část sporofytu, jehož jediná zachovaná terminální osa nese sporangium ledvinovitého tvaru s patrnou dehiscenční linií (Tab. 1A šipka). Při bližším pohledu je viditelné, že sporangium je tvořeno dvěma valvami, mezi jejichž apikálními částmi je patrně volný prostor vyplněn sedimentem. Takto laterálně stlačená sporangia se dvěma chlopněmi jsou typická pro rod *Aberlemnia*. Následující popis se vztahuje k označení os na Tab. 2A. Naměřené parametry jsou uvedeny v Příloze 2A.

Přibližně 1,1 mm široká osa A jeví náznak mírně konvexního zakřivení. V jejím průběhu, především v bazální části, je patrné množství paralelně probíhajících rýh. V distální části se následně dichotomicky dělí do větví B1 a B2. Zatímco osa B2 pokračuje distálně zhruba v rovině s předchozí osou A, větev B1 je v polovině zlomená či ohnutá a svou bazální částí je od osy B2 v úklonu 52°. Vrchol osy B2 se jeví mírně rozeklán, představující pravděpodobně místo větvení. Po obou stranách vrcholu osy B2 jsou viditelné náznaky předpokládaných bází větví C3 a C4 směřujících proximálním směrem zřejmě následkem ohybu. V průběhu osy B2 je výrazně patrné pokračování paralelních rýh (Tab. 1B)

Od místa zlomu je osa B1 ve své horní polovině levým okrajem pouze nepatrně naznačena. Distální část osy B1 jeví známky dichotomického větvení na osy C1 a C2, přičemž osa C2 není zachována.

Osa C1 je oproti své ose výchozí značně menšího průměru, c. 0,28–0,43, s nepatrným zužováním proximo-distálním zužováním. Na svém konci osa C1 nese sporangium ledvinovitého tvaru, pod jehož bází projevuje osa výrazné nálevkovité rozšíření. Hranice mezi osou a sporangiem je relativně dobře rozeznatelná. Sporangium ve svém tvaru vykazuje větší šířku, c. 2,25 mm, než výšku, c. 1,35 mm. Svrchní okraj ventrálně situované valvy se nachází 1,1 mm od báze sporangia, zatímco okraj báze dorsálně umístěné valvy je o 0,4 mm výše.

druh: *Aberlemnia bohemica* (Schweitzer) Sakala, Pšenička & Kraft 2018

1980 *Cooksonia bohemica* Schweitzer; Schweitzer, s. 10, 11, obr. 11

2018 *Aberlemnia bohemica* (Schweitzer) Sakala, Pšenička & Kraft; s. 148

Holotyp: vzorek JE–Sch0260A (Schweitzer 1980, obr. 1); coll. Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm.

Isotyp: vzorek JE–Sch0260B; coll. Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm.

Locus typicus: lom Kosov u Berouna, ČR.

Stratum typicum: požárské souvrství, biozóna *Monograptus ultimus* (přídolí)

Diagnóza (Schweitzer 1980, s. 10):

„Es hat den Anschein, als sei nahezu die gesamte Pflanze mit Ausnahme ihrer unterirdischen Organe erhalten geblieben. Das vorliegende, außerordentlich reich und in praktisch isotom- dichotomer Weise verzweigte Sproßsystem ist nicht größer als 3,5 cm. Die Sproßachsen sind ~ 1 mm dick und verzweigen sich dreidimensional in maximal 4 Dichotomiefolgen. Die Länge der Internodien ist verschieden, beträgt aber meist ew 1 cm. Bei manchen median aufgespaltenen Sproßachsen ist ein sehr zarter zentraler Leitstrang sichtbar. Die Sporangien entspringen alle terminal, entweder als Einzel- oder als Doppelsporangien und sind.[sic!] im Umriß ± nierenförmig bis fast rundlich. Ihre Größe liegt meist etwas unter 1 mm. Eine Dehiscenz ist nicht erkennbar.“²

Poznámka: Podle Kraft et al. (2018) vykazuje holotyp *C. bohemica* znaky charakteristické pro rod *Aberlemnia* (sensu Gonez & Gerrienne 2010). Jedná se především o dehiscenční linii v apikální části bilaterálně zploštělých sporangií, která dělí sporangium na dvě isodiametrické valvy. Na základě této podobnosti navrhli Kraft et al. (2018) přejmenování druhu *C. bohemica* na druh *Aberlemnia bohemica*.

² [„Pravděpodobně zachována celá rostlina bez podzemních orgánů. Bohatě isotomicko–dichotomicky větvený sporofyt svou velikostí nepřesahuje 3,5 cm. Osy o šířce přibližně 1 mm se trojrozměrně větví až do čtyř dichotomií. Délka internodií různá, většinou délky 1 cm. U některých středně rozvětvených os slabě patrný centrální vodivý svazek. Sporangia jsou na koncích os jednotlivě či po dvou. Tvar sporangií ledvinovitý až téměř kulatý. Velikost sporangií většinou menší než 1 mm. Dehiscenční linie není patrna.“] (vlastní překlad)

Revidovaný materiál: vzorky JE–Sch0260A (otisk, Tab. 2C) a JE–Sch0260B (protiotisk, Tab. 2D); coll. Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm

Popis:

Rostlina představuje mimořádně bohatě dichotomicky větvenou drobnou rostlinu, jejíž osy jsou zakončeny četnými sporangii ledvinovitého tvaru. Podle Schweitzera dosahuje rostlina 3,5 cm. Rozlišení osových částí také značně komplikuje přítomnost graptolitů. Množství izolovaných sporangií a fragmentů os je v okolí rostliny patrně minimální, přičemž fragmentace v menším rozsahu proběhla zřejmě během zasypání rostliny sedimentem. Tendence proximo- distálního rozšiřování os, jako relativně běžný znak silurských rostlin, je zde dobře viditelná, avšak ve vztahu k drobné velikosti rostliny je distální rozšíření os velmi výrazné. Přestože se osy vzájemně kříží a je obtížné jejich průběhy jednoznačně rozlišit, lze odhadnout, že obecně se osy mohou větvit zhruba třikrát. Místy, především v paždí bází navazujících větví, jsou patrné nepravidelnosti v okrajích os. To by mohlo naznačovat relativní poddajnost a měkkost os. Nepatrné rýhy probíhající přibližnými středy os by mohly představovat náznaky průběhů pevnějších, pravděpodobně vodivých, pletiv. Organickou hmotou černě zbarvená sporangia se vyznačují ledvinovitým tvarem a rozšířenou bází, kterou nasedají na rovněž rozšířené distální konce terminálních os. Svrchní okraj sporangia je opatřen tmavším lemem, který podle diagnózy rodu *Aberlemnia* představuje dehiscenční linii mezi dvěma laterálně zploštělými valvami. To by naznačovalo také jejich viditelné zachování (téměř) výhradně v laterálním pohledu.

rod: *Fusiformitheca* Xue & Wang 2011

Typový druh: *Fusiformitheca feniningae* (Wellman, Edwards & Axe) Xue & Wang 2011

Holotyp: vzorek NMW97.42G.4 (Wellman et al. 1998, figs. 52–69); coll. National Museum of Wales, Cardiff.

Locus typicus: lokalita blízko Monkhopton (v říčním zářezu severně od Brown Clee Hill), hrabství Shropshire, Anglie.

Stratum typicum: skupina ditton, ve spodní střední části biozóny *micromatus–newportensis* (spodní devon – lochkov).

Diagnóza (Wellman et al. 1998):

„Plant with smooth, leafless isotomously branching axes; terminal fusiform sporangia borne singly. Permanent dyads of one size; laevigate, permanent, surrounded by thin laevigate envelope.“³

Poznámka: Pod rodovým jménem *Fusitheca* byla již dříve popsána houba *Fusitheca* Bonorden 1864, podle pravidel IBCN je tedy později registrovaný název *Fusitheca fanningiae* neplatný. Xue et Wang (2011) posléze změnili rodové jméno na *Fusiformitheca*.

druh: **cf. *Fusiformitheca* sp.**

Revidovaný materiál: vzorek WBM F21762 (Tab. 1F); coll. Západočeské muzeum v Plzni

Poznámka: popsáno Kraft et al. (2018) jako ?*Fusiformitheca* sp.

Popis:

Drobná rostlina, c. 2,5 cm výšky, vykazuje některé znaky obecné pro většinu silurských rostlin jako jsou úzké, holé osy s dichotomickým větvením a sporangiem na konci jedné zachované terminální osy. Značnou odlišnost od většiny představuje výrazně vertikálně protažené sporangium s mírným zašpičatěním do apexu. Následující popis se vztahuje k označení os na Tab. 1E. Naměřené parametry jsou uvedeny v Příloze 2D.

Osa A je relativně rovná a přibližně o stejném, možná nepatrně menším, průměru jako její větve. Vyjma dobře rozlišitelné bazální části proximálně od ní patrně navazuje její možné pokračování, které je tvořené výrazně světlejší organickou hmotou. V průběhu tohoto úseku je také patrný kus pravděpodobně vystouplé střední linie. Osa A se ve své distální části široce dichotomicky dělí v úhlu c. 110° na mírně konvexně zakřivené větve B1 a B2. Zatímco distální část větve B1 není zachována, osa B2 je kompletní a na svém konci je rozšířena a dichotomicky se větví na osy C1 a C2 pod úhlem c. 67°, z nichž C2 je zachována pouze ve své bazální části. V místě větvení a v průběhu osy C1 a bazální části osy C2 jsou patrné tmavší linie organické hmoty probíhající středem os. Distální část osy C2 vykazuje mírný ohyb směřující osu nepatrně vpravo a přitom jeví viditelné rozšíření v důsledku dichotomického větvení. Přestože jedna z navazujících větví, D2, není zachována, mezi její naznačenou bází a větví D1 je patrně

³ [„Rostlina s hladkými, bezlistými a isotomicky se větvcími osami; terminální protažená (fusiformní) sporangia nasedající jednotlivě. Permanentní dyády isodiametrické; hladké, kryty tenkým hladkým obalem.“] (vlastní překlad)

relativně široký úhel. Terminální osa D1 je pouze 1,4 mm dlouhá a s nepatrným rozšířením plynule navazuje na protažené sporangium. Ve středu průběhu osy je patrná výrazně tmavá linie uhelné hmoty, která by jako předchozí zmíněné linie představovat náznak vodivého svazku. Sporangium, c. 3,4 mm délky a 1,4 mm šířky, je svým černým zbarvením, které je způsobeno akumulací organické hmoty, dobře odlišeno od terminální osy. Z většiny je tvořeno černým elipsovité protaženým vnitřkem, patrně obaleným v jakémsi pouzdře, jenž je tvořeno světlou organickou hmotou. Do špičky apikální části sporangia vybíhá pouze světlejší pouzdro, přičemž mezi apexem pouzdra a vrcholem elipsovité protažené vnitřní části se nachází prostor o velikosti zhruba 0,4 mm.

rod: ***Tenanthosella*** Uhlířová gen. nov.

Typový druh: ***Tenanthosella obrhelii*** Uhlířová sp. nov.

1962 *Cooksonia* cf. *hemisphaerica* Lang; Obrhel, s. 83, 85, pl. 1, obr. 1–3

1979 *Cooksonia hemisphaerica* Lang; Edwards, pl. 4, obr 1–7

1979 *Cooksonia hemisphaerica* Lang; Edwards & Rogerson, pl. 1, obr. a

1979 neurčená sporangia; Edwards & Rogerson; pl. 1, obr. b, c

1979 *Cooksonia* sp.; Edwards & Rogerson, pl. 1, obr. g

Holotyp: vzorek D–475 (Tab. 3B); coll. Národní muzeum

Locus typicus: lom Kosov u Berouna

Stratum typicum: zóna *Neocolonograptus ultimus* (přídolí)

Diagnóza:

Úzké, holé, až pětkrát dichotomicky větvené osy nesoucí terminální sporangia. Sporangia kulovitěho tvaru s mírně protaženou bází a zploštělou apikální částí. Distální části terminálních os jsou z frontálního pohledu nálevkovitého tvaru, do něhož je částečně vsazen kulatý útvar,

představující sporangium. Plochá až mírně vypouklá apikální část sporangií ohraničena vystouplým široce zvlněným lemem, z apikálního pohledu obrys sporangií zvlněný. Ve středu zploštělého apexu menší struktura s děleným okrajem do c. 3–4 laloků. Střed lalokovité struktury představuje vystouplý, z apikálního pohledu v obrysu kulatý útvar o průměru c. 0,08 mm. Okolo lalokovité struktury radiálně umístěné laminy, místy přesahující obrys sporangia.

Derivato nominis: z latinského slova „tenuis“ (= tenký) a řeckého slova „anthos“ (=květ). Na základě původních tenkých „lístků“ v apikální části sporangia, které zdánlivě připomínají květ. Druhé jméno podle českého paleobotanika Jiřího Obrhela, který rostlinu prvně popsal.

Srovnání: Ačkoliv rostlina vykazuje některé znaky, které jsou typické pro většinu silurských rhyniophytoidů (holé, dichotomicky větvené osy a terminální sporangia), vnější složitější struktura sporangia, kterou disponuje *Tenanthosella*, nebyla u jiných rodů popsána. Především kulatým tvarem sporangií rostlina nejbližší připomíná druh *Cooksonia hemisphaerica* Lang 1937, liší se však značně nálevkovitě protaženými distálními částmi terminálních os, do nichž jsou sporangia částečně vpadlá. Osa u *Tenanthosella* ve svém vrcholu částečně obaluje sporangium s přechodem bez viditelné hranice, zatímco hranice mezi osou a sporangiem u *C. hemisphaerica* je patrná a přechod není plynulý. Vyjma Langovy (1937) velice obecné diagnózy pro rod *Cooksonia*, neodpovídá *Tenanthosella* ani emendované diagnóze od Goez & Gerrienne (2010), která rod *Cooksonia*. Ta zahrnuje rostliny do výšky 7 cm, čemuž by *Tenanthosella* odpovídala, avšak diagnóza limituje přítomností nejvýše tří bodů větvení.

Revidovaný materiál: Vzorek D-475 (coll. Národní muzeum)

Poznámka: původně popsán Obrhelem (1962) jako *Cooksonia* cf. *hemisphaerica*

Popis:

Obecná charakteristika

Vzorek (Tab. 3B) představuje fosílii rostlinného fragmentu o výšce c. 7 cm. Bazální část hlavní osy vykazuje výraznou akumulaci uhelné hmoty, což by mohlo naznačovat její skutečnou bázi, nikoliv tedy místo odlomení osy. Fosílii tvoří jemná vrstva světleji zbarvené organické hmoty, která svou neostrotí kontur neumožňuje natolik detailní studium rostlinných částí. Znatelnější akumulace organiky je patrna pouze místy, převážně ve výplni sporangií.

Interpretaci znesnadňuje značná fragmentace či absence osových částí a lokální povrchová oxidace.

Fosílii tvoří větvený sporofyt, vyznačující se úzkými, holými osami. Osy stejné dichotomie se proximo-distálně od sebe rozbíhají a vykazují zároveň mírně konvexní zakřivení. Navzdory fragmentaci a absenci některých os je u rostliny patrných až pět bodů větvení. Několik os vykazuje ohyb či zlom podobného charakteru, přičemž dvě osy o stejné úrovni větvení jeví toto ohnutí dokonce souhlasně v jedné rovině. Každá osa je v distální části znatelně nálevkovitě rozšířena s terminálním sporangiem kulatého tvaru, které se jeví jako vpadlé. Pravděpodobný střed sporangia tvoří menší patrně vypouklá čočka dělena viditelně do tří, možná čtyř malých laloků. Od čočky směrem vně vedou tmavší laminy, jejichž konce mírně vyčnívají přes okraj sporangia.

Popis směřuje od proximální k distální části rostliny a vztahuje se k označení os z Tab. 3A.

Naměřené parametry jsou uvedeny v Příloze 2E.

Hlavní osa A (Tab. 3A – A)

Báze osy (Tab. 4D) je zaoblená s výrazným shlukem uhelné hmoty kulovitěho tvaru o průměru c. 0,7 mm, jeví se jako místo napojení dalších os. Tomu by také mohly napovídat mlhavé kontury vycházející z organického shluku a ze široka kopírující pravděpodobný průběh hlavní osy. Zdánlivé postupné rozšiřování osy, c. 4,5 mm od báze, je tedy pravděpodobně způsobeno rozcházením patrně dvou os od původního společného kursu. Výrazný pás organiky (Tab. 4A – a1, D – a1), c. 0,5 mm průměru, pravděpodobně představuje průběh jedné z os. Pruh vychází ze shluku organiky a pokračuje c. 3 mm, kde mizí a jeho pravděpodobné pokračování (Tab. 4A – a2) začíná o c. 4,7 mm dále a o 2,6 mm znovu mizí. Zde je již viditelné odchýlení od potenciální osy hlavní. Patrný je také druhý výrazněji zbarvený pruh organiky (Tab. 4A – b), jehož průběh je v bazální části pouze naznačen a je jednoznačně viditelný až 5,3 mm od bazálního shluku uhelné hmoty. Přibližně 8 mm od báze je viditelné přerušení (Tab. 4B – a) průběhu obou pravděpodobných os. Přerušení je vedeno napříč osí a představuje c. 0,3 mm široký pruh chybějícího reliéfu. Při bližším pohledu je plocha scházejícího reliéfu v pásu vedena jako nerovná cesta, viditelně začínající c. 10,5 mm od báze osy, odkud vede proximálně při levém okraji 2,3 mm podél os, které kříží. Napravo od rostliny dále vede 2,5 mm, kde se stáčí (Tab. 4B – b) a následně pouze náznakem pokračuje směrem k bázi rostliny.

V průběhu cesty je patrné několik kulovitých až elipsovitých proláclin (Tab. 4C). Průměr cesty činí c. 0,6–0,7 mm a průměr proláclin je c. 0,6–0,95 mm ve vzájemném odstupu c. 0,15–0,35 mm. Od místa přerušení pokračuje 14,7 mm dlouhý značně zoxidovaný úsek hlavní osy, který neumožňuje přesnější rozlišení okrajů. Dále pokračuje úsek délky c. 3,6 mm již téměř bez povrchové oxidace s naznačeným průběhem osy. Ani v tomto místě není možné naměřit průměr hlavní osy, jelikož se zachování jeví jako neúplné. Úsek se zdánlivě ztrácí v místě zlomu horniny, situovanému téměř kolmo k ose. Za zlomem pokračuje c. 1,5 mm dlouhá část osy, která se na svém konci dichotomicky větví pod úhlem c. 57° na osy B1 a B2. Z celkového pohledu je osa hlavní mírně esovitě prohnutá a její délka činí odhadem 29 mm.

Větve B1 a B2 vykazují nepatrné konvexní zakřivení a zároveň se plynule proximo- distálně od sebe vzájemně oddalují. V porovnání s hlavní osou jsou obě větve výrazně kratší. Průměry obou os jsou přibližně srovnatelné, viditelnou délkou je však osa B2 znatelně delší i přesto, že je její distální část schází. Oproti ní je zároveň osa B1 zasažena patrnou povrchovou oxidací. Navazující popis je pro přehlednost rozdělen na základě této dichotomie na levou a pravou část rostliny (Tab. 3A – L, P).

Pravá část (Tab. 3A – P)

Osa B2 je relativně rovná pouze s nepatrným konvexním zakřivením. Pravý okraj bazální části viditelně chybí (Tab. 4E) a průběh osy je v místech 0,8 a 1,5 mm nad bází narušen dvěma výraznějšími zlomy. Osa je patrně nekompletní, přerušena přibližně ke konci své délky (Tab. 4G). Její chybějící distální část představuje pravděpodobně místo dichotomického větvení na dvě osy C3 a C4, z nichž pravá větev C4 není zachována. Délka osy B2 bez její chybějící distální části činí 16 mm. Od proximální k distální části se šířka osy pozvolna rozšiřuje v rozmezí od 0,8 do 1 mm.

Následuje přibližně 3,4 mm dlouhý úsek chybějící distální části osy, kde by se zároveň měl skrývat pravděpodobný bod větvení. Při pozorování vzorku v suchém stavu si lze všimnout, že v místech narušení osy je patrný značně nerovný reliéf.

Jelikož potenciální pravá větev C4 není zachována, osa pokračuje pouze levou větví C3, jejíž bazální část je od pravého okraje do středu osy nekompletní. Osa o šířce 0,8 mm pokračuje dále 8,4 mm, kde se láme v úhlu c. 144° (Tab. 4F). Zlomení osy je patrně v důsledku prostorového uspořádání směrem do roviny sedimentu. Její zdánlivé zúžení je v místě zlomu zřejmě způsobeno překryvem sedimentem při levém okraji. Následující průběh osy vede

diagonálně nahoru z místa ohybu. Vyjma patrného zúžení u pravého okraje báze představuje tento úsek osy viditelně širší část osy, dosahující 0,84 mm v průměru. Rozšíření je pravděpodobně v důsledku nastupujícího větvení. Patrně chybějící pravý okraj úseku ve vzdálenosti c. 3,8 mm od ohybu by již mohl dokládat chybějící potenciální pravou větev D6, Pouze pravděpodobný náznak průběhu osy D6 může představovat 4 mm dlouhá nesouvislá linie povrchové oxidace (Tab. 4K – a) a výše situovaný fragment světlé organiky o rozměru 0,7 x 0,8 mm.

Z místa předpokládaného větvení (Tab. 4K – b) viditelně pokračuje pouze levá větev D5, jejíž průběh hned na to narušuje několik méně výrazných zlomů v hornině a patrnou linií oxidace. V pokračujícím úseku c. 1,5 mm je osa pouze naznačena. Dále vede již zřetelná 3 mm dlouhá část, která je na svém konci viditelně zaoblená (Tab. 4K – d). Další případné pokračování osy není patrné.

Levá část (Tab. 3 – P)

Osa B1 je oproti ose B2 znatelně kratší o celkové délce 14,3 mm. Šířka osy se znatelně rozšiřuje od báze k distální části v rozsahu 0,8–1,1 mm. Bázi osy příčně protíná výrazný zlom (Tab. 4E – a), v jehož okolí se osa zdánlivě jeví širší z důvodu mírného posunu horninových fragmentů. Tento posun zároveň způsobuje falešné nepatrné esovité prohnutí, přičemž správné původní zakřivení osy je mírně konvexního charakteru. Přibližně 0.6 mm od báze je pouze naznačen 0,3 mm široký o málo tmavší pruh organiky, vedoucí pravděpodobně až k distální části osy. Osa je však téměř po celé své délce místy poseta povrchovou oxidací a není tedy možné průběh pásu přesně sledovat. Při větvení osy v distální části se i tento pás velmi nepatrně dělí do obou větví C1 a C2, přičemž tyto pásy kopírují jejich vnitřní okraje. V místě bodu větvení je zároveň ve vrcholu patrná znatelná akumulace organické hmoty (Tab. 5H šipka), která tvoří obrys srdcového tvaru.

Pro navazující větve C1 a C2 je společné mírné konvexní zahnutí s postupným proximo- distálním rozbíháním. Obě osy se směrem k distální části pozvolna rozšiřují, znatelnější šířky však dosahuje osa C2. Osa C1 je naopak viditelně delší. Obě osy jsou v distálních částech dále větveny. Pro přehlednost je další popis rozdělen na popis větvené části C1 a větvené části C2.

Větvená část C1 (Tab. 3A – C1)

Osa C1 dosahuje oproti ostatním osám značné délky 20,5 mm. Její šířka se pohybuje od 0,8 do 0,96 mm. Ve vzdálenosti 6 mm od báze osu téměř kolmo protíná výrazný zlom, z něhož dále osa pokračuje jako c. 3,9 mm dlouhý silně zoxidovaný úsek. Tento úsek zakončuje další zlom, avšak o poznání méně nápadný. Ve vzdálenosti 11,4 mm od báze se osa ohýbá v úhlu 136°. Osa pokračuje dále 9,2 mm diagonálně nahoru jako již zjevně širší úsek pouze s výjimkou malé zúženiny při pravém okraji bezprostředně nad místem ohybu. Na svém konci se osa dichotomicky dělí (Tab. 4J) do větví D1 a D2, nicméně interpretace bodu větvení je patrně složitější, jelikož se c. 1,5 mm od vrcholu jeví jako rozpolcený. Tomu nasvědčují také dva zjevné výčnělky (Tab. 4J – a1, a2), o délce c. 1,9–2 mm a šířce 0,25–0,4 mm, vedoucí z báze osy D1 kolmo a napříč osou C1. Výčnělky, které by případně vycházely z osy D2 nejsou patrné. To by dokládalo, že rozeklanost vrcholu je způsobena částečným odtržením pouze osy D1, nikoliv obou os. Pravý okraj distální části osy C1 zároveň plynule přechází v okraj báze osy D2, zatímco levý okraj osy C1 svírá s osou D1 úhel c. 130°, což svědčí o jejím patrném nalomení (Tab. 4J – b). Přibližně 1,5 mm nad vrcholem osy C1 také mezi větvemi vede téměř nezatelná linie zbytků organiky (Tab. 4J – c), která pravděpodobně představuje původní úroveň vrcholu bodu větvení.

Navazující osy D1 a D2 vykazují mírné rozšiřování směrem ke své distální části. Z důvodu ohnutí obou os nelze posoudit charakter jejich zakřivení. Osy jsou v distálních částech dále větveny. Následující popis je tedy rozdělen na větvenou část D1 a větvenou část D2.

Větvená část D1 (Tab. 3A – D1)

Předpokládaná báze osy D1 vykazuje znatelné rozšíření, c. 0,6 mm. Ve vzdálenosti 1 mm je v úseku 0,95 mm patrná absence levého okraje, zasahující až ke středové linii osy. Odtud pokračuje 2,7 mm dlouhý úsek, který je zároveň v rámci osy nejužší. Jeho šířka dosahuje 0,43–0,46 mm. Na svém konci se úsek opět zužuje z důvodu nápadného ohybu osy v úhlu 79°. Navazující úsek směřuje více méně kolmo k předchozí části osy. Okraj jeho bazální části je v místě ohybu zprava výrazně zúžen. Dále pokračuje jako část osy o průměru c. 0,48 mm. Distální část úseku je patrně dichotomicky větvena, nicméně interpretaci v tomto místě komplikuje viditelné přerušení (Tab. 5B) mezi osou D1 a jejími větvemi E1 a E2. Mezi osou D1 a levou větví E2 je toto přerušení výraznější v rámci c. 0,5 mm dlouhého bazálního úseku osy E2. Přesto jsou zde viditelné jemné kontury organické hmoty, které naznačují spojení větve

s osou, včetně kontur, 0,27 x 0,14 mm, na vrcholu osy D1, které představují pravděpodobnou nejnižší bázi větve E2. Oproti tomu přerušení mezi osou D1 a levé větve E1 je velmi nepatrné, c. 0,05 mm, avšak osa E1 se jeví jako nalomená a znatelně vybočena ze svého původního směru. Pravý okraj osy E1 jeví v bazální části v rámci c. 0,45 dlouhého úseku nerovnosti, které by mohly být následkem rozpolcení báze na viditelnou levou, téměř kompletní, část a vpravo od ní pouze potenciální tenký pruh osy, zůstávající spojen s osou D1, který však není zachován. Tomu by nasvědčovala také jemná kontura, situována nad úsekem s nerovným pravým okrajem, která jeví viditelný ohyb. Přestože z tohoto místa k předpokládanému bodu větvení schází jakékoliv kontury, které by průběhu osy E2 nasvědčovaly, lze předpokládat její připojení přibližně v polovině vrcholu osy D1, kde je zároveň patrný levý okraj nejnižší báze větve E2.

Terminální část Tp1 (Tab. 6A, B)

Místa přetočení osy zobrazuje Tab. 5B (b1, b2) a 6A (a). Přetočení zároveň komplikuje určení průměru osy, který se pohybuje v rozsahu přibližně 0,3–0,45 mm. Osa dosahuje délky 4,8 mm a na svém konci se dichotomicky větví v úhlu c. 58° do dvou znatelně krátkých větví F1 a F2. Větve dosahují délky 1–1,15 mm. Levá větev F1 se směrem k distální části výrazně rozšiřuje od 0,4 až 0,75 mm. Přestože určení šířky pravé větve F2 mírně komplikuje pravý nerovný okraj, její šířka dosahuje odhadem c. 0,4–0,6 mm. Rozšířený vrchol osy F1 připomíná tvar nálevky s náznakem patrně dutého středu (Tab. 6A – b). Podobný charakter zakončení lze předpokládat také u vrcholu větve F2.

Osa E2 je relativně rovná, vykazující mírně konvexní zakřivení. Svou délkou 5,15 mm přesahuje délku osy E1. Ve vzdálenosti 1,3 mm proximálně od vrcholu je patrné zúžení, dané špatným zachováním či jejím možným přetočením o 180° kolem středové roviny, podobně jako v předchozím případě. Šířka osy se pohybuje v rozmezí 0,32–0,35. Výrazné rozšíření osy v její distální části naznačuje pravděpodobné dichotomické dělení na krátké větve F3 a F4, přičemž z větve F4 je nastíněna pouze její báze (Tab. 6A – d). Úhel větvení zde kvůli absenci pravé větve není možné určit. Levá větev F3 dosahuje délky 1,1 mm, přičemž šířku vzhledem k neostrým konturám a jemnému zlomu, jež osu protíná, není možné s přesností určit. Odhadem šířka osy dosahuje c. 0,43 mm. Osa je zakončena sporangiem S3 kulatého tvaru o průměru 0,75 mm, které se jeví mírně vpadlé do vrcholu osy. To by mohlo být také způsobeno potenciálním ohnutím osy. Sporangium se vyznačuje nápadnou akumulací uhelné hmoty, jejíž stlačení patrně způsobilo neostrost jeho obrysu. Na sporangiu nejsou patrné jakékoliv struktury ani hranice mezi sporangiem a krátkou terminální osou.

Větvená část D2 (Příloha 3A – D2)

Od předpokládané báze pokračuje osa D2 0,72 mm dlouhým a 0,8 mm širokým úsekem k místu, které zdánlivě připomíná další dichotomické větvení. Jedná se však patrně o výrazný ohyb osy (Tab. 4J – d). Nasvědčuje tomu také akumulace organické hmoty v místě potenciálního překryvu částí osy. Tmavší kontury organiky naznačují smyčku v místě předpokládaného ohybu. Z místa ohybu je pokračující část osy vedena c. 90° k výchozímu úseku. Přibližně 1 mm dlouhá bazální část tohoto úseku však bezprostředně za místem ohybu schází a její levý okraj je pouze naznačen jemnou konturou organiky (Tab. 4J – e). Osa pokračuje dále, vykazující znatelně konvexní zakřivení a dosahující šířky 0,45–0,52, které dokládá nepatrné rozšiřování k distální části. Na svém konci se dichotomicky dělí pod úhlem 44° na větve E3 a E4.

Terminální část Tp2 (Tab. 7A–G)

Obě navazující větve se jeví vcelku rovné, obdobné délky i šířky. Každá je zakončena jediným sporangiem kulatého tvaru. Patrné je proximo-distální rozbíhání os. Celá dichotomie vede pravděpodobně přes další viditelnou osu, označenou v následujícím popisu jako D3.

Osa E3 vede z bodu větvení svým viditelným 1,4 dlouhým úsekem, po kterém následuje 0,9 mm dlouhé přerušení. Od tohoto místa je osa znovu zachována a ke svému vrcholu pokračuje distálně 2,9 mm, kde je zakončena kulatým sporangiem S5 (Tab. 7A–C). Ve své bazální části dosahuje osa šířky 0,43 mm. Přestože měření průměru v její horní polovině znesnadňují její nerovný obrys, dosahuje zde šířka přibližně stejné hodnoty. Přibližně 0,5 mm pod pravděpodobným sporangiem je na ose pozorovatelná výrazná kontura organické hmoty (Tab. 7A – a), která by mohla naznačovat ohyb osy. Distální část osy se jeví značně rozšířena a zasažena menším zlomem. Pozorovatelná je okolní akumulace světlejší organické hmoty (Tab. 7A – b). Tato akumulace se objevuje po celém průběhu terminální osy E3 a patrně obaluje také sporangium S5. To komplikuje rozlišení okrajů distální části osy, které jsou však i přesto relativně rozeznatelné jako patrné ohyby (Tab. 7A – a) po stranách sporangia. Světlejší organická hmota podle všeho by mohla jako povlak osu ovíjet a obalovat i sporangium. Výplň sporangia je tvořena větším množstvím uhlé hmoty s tmavěji zbarvenou a patrně vystouplou kulovitou plochou v jeho středu. Obrys sporangia je především na jeho vrcholu neostrý a znatelně vroubkovaný. Při bližším pohledu je v předpokládaném středu sporangia patrný kulatý bod, c. 0,08 mm v průměru. Od středu směrem vně odstupují tmavěji zbarvené laminové struktury, místy lehce vyčnívající z obrysu sporangia. Povrch sporangia dále vykazuje čtyři

viditelné patrně vystouplé linie, vybíhající od středu směrem vně, které ve výsledku tvoří nápadný kříž a tím zdánlivě dělí sporangium do čtyř trojúhelníkových úseků. Ve vystouplém reliéfu vlevo od osy E3 (Tab. 7A, C) jsou patrné další struktury připomínající osu se sporangiem (7C – šipka). Dle podobnosti tvaru a stejné velikosti se zřejmě jedná o otisk distální části osy E3 se sporangiem S5. Vystouplý reliéf vznikl patrně překrytím osy D3 sedimentem, načež se patrně mírně pohybující osa E3 se sporangiem vytvořila v sedimentu jemný otisk.

Bazální část osy E4 vede od bodu větvení distálně 1 mm, kde je narušena a dále pokračuje pouze naznačeným reliéfem přes osu D3, která leží téměř kolmo k popisované dichotomii. Naznačený průběh míří dalších c. 1,4 mm, kde v rozsahu 0,6 mm jakýkoliv náznak zcela chybí. Viditelný úsek osy posléze začíná mírně zaoblenou bází, jejíž spodní okraj zvyrazňuje kontura akumulované uhelné hmoty. Počátkem této báze pokračuje úsek 2,6 mm, kde se v distální části nálevkovitě rozšiřuje. Celá osa je relativně rovná o nepatrně se zvětšujícím průměru 0,4–0,5 mm. Svým nálevkovým vrcholem předpokládaná osa patrně obklopuje kulovité terminální sporangium S6, jehož průměr c. 0,8 mm nemusí být konečný. Sporangium se vyznačuje výrazně tmavším zbarvením se světleji zbarvenou organickou hmotou kolem tvořící jeho neostré ohraničení. Pozorováním vzorku v líhu je uvnitř sporangia patrná patrně vystouplá čočkovitá struktura (Tab. 7D – a, Tab. 7F) o rozměru 0,2 x 0,28 mm, kterou obklopují zřejmě další dvě až tři vrstvy více méně stejných průměrů, c. 0,06 mm. Čočka se pravděpodobně dělí do viditelně tří, možná čtyř menších laloků (Tab. 7F – b). Vnitřní vrstva zároveň obklopuje celou čočkovitou strukturu, zatímco nasedající vrstva či dvě jsou viditelně zachovány pouze na 0,3 mm velkém úseku v levé horní části bezprostředně nad první vrstvou struktury. Směrem od okraje sporangia k čočkovité struktuře probíhají tmavší laminy, které se ve své polovině jeví jako dichotomicky větvené. To může však být způsobeno částečným překryvem dvou lamin, které kolem středu sporangia nasedají těsně vedle sebe. Laminy probíhají radiálně ze středu sporangia, z nichž několik viditelně mírně přesahuje okraj sporangia (Tab. 9A šipky). Měřený průměr sporangia je vázán pouze na tmavou část bohatou na uhelnou hmotu. Pohled pouze na suchý reliéf vzorku ukazuje, že plocha sporangia je propadlá se znatelnou vyvýšeninou (Tab. 5A – šipka) tvořící poloměsíčitou konturu kolem levého kraje elipsy. Tím od sebe odděluje elipsu od okolního lemu.

Při bližším pohledu na sporangium lze rozeznat výrazně tmavé zbytky organiky, které ve výsledku tvoří kulatý tvar (Tab. 7D). Přestože interpretaci komplikuje značné množství okolní světle zbarvené organiky, lze rozeznat tmavěji zbarvený ohyb (Tab. 7D – c) u pravého okraje sporangia, který by mohl představovat okraj nálevkovitě protažené terminální osy.

Okolní světle zbarvené zbytky organiky (Tab. 7D – d) v celkovém pohledu v odstupu patrně téměř kopírují tvar osy a sporangia. Jedno z míst, kde je osa téměř nezakryta světlejší organickou hmotou je viditelný na Tab. 7D (e). V místě jsou patrné tmavé tenké kontury, které by mohly představovat průběh distální části osy E4, jevící se jako ohnutý. Na ose jsou dále patrné světlejší a tmavší úseky o více méně stejném charakteru sklonu, přičemž úseky zbarvení světlejšího odstínu zmíněné okolní organiky by mohly tvořit její průběh, který se jeví jako ovíjející osu a bázi předpokládaného sporangia. Světleji zbarvená organika podobného charakteru je viditelná také u sporangia S5, kde jej i terminální osu E4 patrně taktéž obaluje a obtáčí (Tab. 7 – b₂, b₃).

Větvená část C2 (Tab. 3A – C2)

Oproti ose C1 je osa C2 výrazně kratší, dosahující délky 16,8 mm. Ve svém průběhu vykazuje pouze nepatrné konvexní zakřivení a proximo-distální rozšíření v rozsahu od 0,9 až 1,1. Bezprostředně nad bodem větvení začíná báze osy C2 chybějícím levým okrajem, zasahujícím až ke středu osy, v c. 0,77 mm dlouhém úseku. Přibližně 4,5 mm proximálně od vrcholu osu protíná výrazný zlom, kolem něhož je osa pouze zdánlivě širší. To je způsobeno mírným posunem fragmentů horniny. Osa pokračuje dále stále se rozšiřující až ke svému vrcholu, kde se dichotomicky dělí v úhlu c. 73° na větve D3 a D4. Ve vrcholu bodu větvení je patrná akumulace uhelné hmoty (Tab. 5I šipka), podobně jako u osy B1. Místo akumulované organiky je elipsovitě protaženo ve směru osy a dosahuje rozměru 0,7 x 0,35 mm.

Kvůli patrnému zlomení je pravá větev D4 předčasně ukončena a dosahuje délky pouhých 6,6 mm. Vliv na její zachování, respektive nezachování, měla pravděpodobně k ní příčně umístěna osa D5, jejíž úsek vede c. 0,5 mm nad zlomeným vrcholem osy D4. Průběh osy je dále nad osou D5 pravděpodobně pouze reliéfem naznačen. Jakékoliv zbytky organické hmoty, které by její průběh jednoznačně potvrdily nejsou patrné. Ve svém zachovaném úseku se osa viditelně rozšiřuje distálním směrem v rozsahu šířek 0,7–0,78 mm. Nad bází osy je patrný úsek vypouklé liniové struktury o průměru c. 0,25 mm (Tab. 5D). Podobné linie vedou také v okolí osy a pravděpodobně se jedná pouze o nerovnost reliéfu.

V porovnání s větví D4 je levá větev D3 pravděpodobně kompletní. Od bodu větvení vede osa svým 4 mm dlouhým bazálním úsekem k místu, kde je příčně přerušena (Tab. 5C). Přerušování začíná 4 mm od báze při levém okraji a příčně vlevo nahoru pokračuje k okraji pravému. Tímto místem zároveň lehce příčně nahoru zleva doprava prochází reliéf křížující osy E4, patrně umístěné před osou D3. Po přibližně 0,78 mm dlouhé chybějící části (měřeno při

pravém okraji osy) je psa D3 znovu viditelná. Odtud pokračuje v délce 1 mm, kde je přetočena kolem své středové roviny o 180° (Tab. 5G) a dále směřuje téměř svisle nahoru, v odchýlení 106° od původně vedeného úseku. Z místa přetočení je vede její 0,95 mm dlouhý viditelný úsek k místu přerušení. To dosahuje délky 1,7 mm a dle pozorování suchého reliéfu vzorku je příčinou přerušení vyčnívající vrstva horniny (Tab. 7B). Od konce přerušení dále pokračuje 5,2 mm dlouhý úsek, jehož bázi při pravém okraji mírně překrývá vrchol osy E3 s terminálním sporangiem. Šířka osy D3 celkově se pohybuje v rozsahu 0,54–0,9 mm, přičemž je možné pozorovat naopak postupné zužování k distální části, zřejmě z důvodu špatného zachování přetočeného úseku osy. Bezprostředně pod bodem větvení v její distální části je pouze zdánlivé zúžení (Tab. 4I šipka), způsobené chybějící částí pravého okraje osy v úseku 0,67 mm. V distální části se osa lehce rozšiřuje a patrně dichotomicky dělí do dvou větví E5 a E6, z nichž jsou zachovány pouze jejich c. 1,2 mm dlouhé těsně vzájemně přiléhající bazální části o šířkách c. 0,5 a 0,4 mm. Jejich pravděpodobné pokračování je zachováno o 3 mm výše, kde jej představuje 0,6 mm dlouhý fragment.

rod: Tichavekia Pšenička, Sakala & Kraft 2018

Typový druh: *Tichavekia grandis* Pšenička, Sakala & Kraft 2018

1962 *Cooksonia* sp. Lang; Obrhel, s. 85, 86, tab. 2, obr. 1–2

Holotyp: vzorek F21761b (Kraft et al. 2018, Tab. 2A); Západočeské muzeum v Plzni.

Isotyp: vzorek F21761a (Kraft et al. 2018, Tab. 2B, 4A); Západočeské muzeum v Plzni.

Locus typicus: lom Kosov u Berouna, ČR.

Stratum typicum: požárské souvrství (přídolí).

Diagnóza (Kraft et al. 2018, s. 146):

“Plants up to 140 mm tall. Five times isotomously dichotomized axes about 1 mm wide, with decreasing length of successive dichotomy. The first dichotomy divides the plant into two asymmetrical parts. Terminal sporangia generally ~2.5 mm in diameter, subsphaerical to ellipsod sacciform in shape, placed on the ends of the latest extremely short dichotomies.

Sporangia bear round structures 0.75 to ~1 mm in diameter. Other details regarding in situ spores or conducting elements unknown.“⁴

Revidovaný materiál: vzorky WBM F21761b (holotyp; Tab. 12A) a WBM F21761a (isotyp; Tab. 12B); coll. Západočeské muzeum v Plzni

Popis:

Obecná charakteristika

Vzorky reprezentují rostlinnou fosilii o celkové velikosti c. 13 cm. Patrně ulomená bazální část hlavní osy naznačuje její nekompletní zachování. Velikost by přesto mohla odpovídat téměř celému rostlinnému sporofytu. Kontury rostlinných částí jsou z většiny poměrně ostré. Tmavší části často představují rostlinné orgány, tvořené větším množstvím organické hmoty (eg. terminální sporangia). Rozlišení do určité míry komplikuje hrubozrnný sediment s rozptýleným vulkanickým materiálem a organickým detritem. Rostlina je zčásti překryta záhadným povlakem kulatého tvaru a tmavé skvrnitě textury (Tab. 12B šipka).

Rostlina představuje dichotomicky větvený sporofyt o šesti bodech větvení – z toho je pět zřetelných dichotomií a jedna velmi krátká terminální dichotomie. Úzké, hladké osy se vyznačují mírným konkávním zahnutím. Jejich délka se zároveň směrem k distální části rostliny po každém větvení výrazně zkracuje. Ve výsledku jsou, až na místy výjimky, větve přibližně o polovinu kratší než osa, ze které vyrůstají. Osy stejné úrovně přitom ve svých délkách mohou vykazovat i značené rozdíly (viz Příloha 4), které ve výsledku vytváří nestejnou větvených částí rostliny. Průměrná šířka os se také postupně k vrcholu rostliny zmenšuje. U každé osy je patrné její postupné rozšiřování od báze až k bodu větvení. Nejkratší osa terminální dichotomie je vždy zakončena jediným sporangiem kulovitěho tvaru, které je širší než vyšší. Sporangia se zároveň vyznačují světlejším okrajovým lemem oproti tmavé vnitřní výplni, v níž jsou místy patrné kruhové až elipsovitě struktury.

Následující detailní popis je koncipován od proximální k distální části rostliny. V popisu je pro přehlednost užito značení os a bodů větvení z Přílohy 3A. Zachované terminální části

⁴ [„Rostliny dosahující výšky až 140 mm. Pětkrát isotomicko-dichotomicky větvené osy, přibližně 1 mm široké. S postupným větvením se délka os zkracuje. První dichotomie dělí rostlinu na dvě asymetrické části. Terminální sporangia obecně dosahují přibližně 2,5 mm v průměru, kulovitěho až ledvinovitěho tvaru, umístěna na koncích posledních extrémně krátkých dichotomií. Na sporangiih patrně kulaté struktury 0,75 ~ 1 mm v průměru. Další podrobnosti týkající se přítomnosti spór *in situ* či vodivých elementů nebyly zjištěny.“] (vlastní překlad)

rostliny jsou na Příloze 3A zvýrazněny červenou konturou a označeny Tp1, Tp2 a Tp3. Ty jsou následně detailněji vyobrazeny na Tab. 13B (Tp2), 14B (Tp1) a 15B (Tp3). Způsob měření je zachycen na Obr. 6. Naměřené parametry os a sporangií jsou přehledně zobrazeny v Příloze 5A.

Hlavní osa A (Příloha 3A – A)

Nepravidelný zubatý okraj báze hlavní osy A naznačuje místo jejího potenciálního odlomení. V této části je osa zároveň nejužší. Osa dosahuje 70,8 mm a na svém konci se dichotomicky větví pod úhlem 68° (Příloha 3B – α). Osa je relativně rovná, vykazující pouze nepatrné pozvolné zakřivení. Průměr osy se proximo-distálně postupně zvětšuje v rozsahu od 1 do c. 1,7 mm. Přibližně 3 mm pod bodem větvení hlavní osy je viditelný počátek linie s větším množstvím zachované organické hmoty (Tab. 12C – a). Průměr linie činí c. 0,2 mm. Linie pokračuje dál směrem do větve B2, za jejíž bázi mizí. Stejného průměru je také c. 2 mm dlouhá linie organiky (Tab. 12C – b), která začíná méně než 2 mm nad bodem větvení druhé větve B1.

Větve B1 a B2 svými znatelně užšími bázemi navazují na rozšířený distální konec osy A. Oproti ose hlavní jsou obě větve zhruba o polovinu kratší. U obou větví pokračuje tendence zvětšování průměru směrem k distální části. Pro přehlednost je následující popis rozdělen pomocí mediální roviny hlavní osy na levou a pravou část rostliny (Příloha 3B – L, R).

Levá část (Příloha 3B – L)

Osa B1 je mírně konkávně ohnuta s nepatrnou změnou na konvexní zakřivení směrem ke své distální části. Osa dosahuje 36,3 mm délky a 1,2 – 1,7 mm šířky. Na svém konci se osa dichotomicky dělí na zhruba o polovinu kratší větve C1 a C2, které svírají úhel 60° (Příloha 3B – β 1). Distální část osy B1, c. 8,3 mm pod bodem větvení 2a, zároveň vniká do plochy záhadného kulatého filmu (Tab. 12H), který dále obklopuje celou osu C1 včetně jejích větví a celou osu C2. Ta část rostliny, která zasahuje do plochy povlaku, není na isotypu zachována, leč místy je přinejmenším průběh některých os naznačen nepatrnou tmavou siluetou.

Větev C1 je relativně rovná s téměř nezatelným konkávním zakřivením. Svou délkou měří 18,6 mm a její průměr činí 1,2 – 1,3 mm. Vzhledem k nepatrnému rozdílu v naměřených šířkách je tendence k rozšiřování osy jen málo zřetelná. Osa C1 se na svém konci dichotomicky dělí (Tab. 12F) pod úhlem 78° (Příloha 3B – γ 1) na větve D1 a D2. Oproti předchozí mateřské ose vykazuje větev D1 zřetelné konkávní zakřivení. Délka osy činí 9,3 mm a šířka je v rozmezí 1,1 – 1,2 mm. V distální části se osa dichotomicky dělí na větve E1 a E2, u nichž je však

zachována pouze jejich naznačená báze. Kvůli neostrosti kontur zde nelze změřit úhel větvení. Oproti tomu není větev D2 zachována celá a její viditelná část dosahuje délky 7,3 mm a šířky c. 1,1 mm. Přestože neostře kontury neumožňují příliš přesné měření, je zde viditelné mírné konkávní zakřivení.

Větev C2 je oproti ostatním osám s výrazným konkávním zakřivením. Průběh osy je místy s viditelnými okrajovými narušeními, které vznikly patrně během preparace. Osa se směrem k distální části viditelně rozšiřuje v rozsahu 1,1 – 1,3 mm. Délka osy je určena na c. 16,2 mm a pravděpodobně zhruba na okraji kulatého povlaku se dichotomicky dělí (Tab. 12G šipka) na větve D3 a D4. Toto místo větvení však není dobře rozlišitelné, jelikož oproti ostatním dichotomiím, uložených v rovině sedimentu, leží rovina této dichotomie patrně napříč k rovině sedimentu.

Délka osy D3 dosahuje c. 11 mm. Přestože okraj osy je relativně hladký, měření průměru komplikuje neostrost kontur a přítomnost osy D4. Ta společně s osou D3 vychází z bodu větvení 3b a je umístěna z pohledu pozorovatele za osou D3. Z důvodu konkávního zakřivení se osa D3 distálním směrem postupně vychyluje od osy D4 (Tab. 13C). To způsobuje překryv obou os, který společně se špatně rozlišitelnými hranicemi os měření šířek v tomto úseku znemožňuje. Jediný úsek, který umožňuje měření průměru osy D3 se nachází až v distální části samotné osy D3, c. 2,5 mm pod větveným vrcholem. Obě osy jsou dále několikrát větveny. Následující popis je proto z důvodu přehlednosti rozdělen na charakteristiku os D4 a D3 samostatně, včetně jejich dalšího větvení.

Větvená část D4 / Terminální část Tp2 (Tab. 13A, C a D)

Oproti ose D3 se osa D4 vyznačuje viditelným konkávním zakřivením a výrazně menším průměrem, c. 1–1,1 mm. Na isotypu je přibližně 9,6 mm od báze osy patrný útvar, c. 1,4 mm v průměru, který by mohl představovat potenciální místo větvení os E7 a E8 (Tab. 13D – a, 15H). Útvar je tvořen komplexem nespojitých kruhovitých struktur, které se od největšího průměru c. 1,4 mm směrem do centra komplexu zmenšují až na průměr c. 0,3 mm. Délka osy D4 je tedy určena od báze osy do středu nejmenšího kruhu útvaru a činí 10,4 mm. Na jednom místě lze pozorovat přerušování kruhovitých kontur shora do středu komplexu (Tab. 15H – a). To patrně představuje počátek úseku, který pokračuje c. 2,6 mm distálně, ohraničen nespojitými zbytky organické hmoty. Jeho spodní příčná hranice (Tab. 15H – b₁), c. 2 mm délky, vedena distálně ze středu kruhovitého útvaru, zároveň tvoří konturu

pravděpodobně vedlejšího útvaru. Oba útvary, vycházející z bodu větvení 4d, patrně představují větve osy D4, tedy větve E7 a E8.

Výše zmíněný c. 2,6 mm dlouhý fragment, který svou bází narušuje komplex kruhovitých struktur bodu větvení 4d, je zřejmě jedinou viditelnou částí osy E7. Zbytek osy není zachován, avšak její průběh je naznačen výše c. 4,5 mm dlouhou linií organické hmoty (Tab. 13A – E7b, C – c, D – c), lemující spodní okraj osy E6. Z konce této linie, c. 0,3 mm nad její úroveň, zároveň ční malý fragment (Tab. 13D – b), šířky c. 0,5 mm. To je potenciální místo bodu větvení 5g, ze kterého patrně vyrůstají větve F13 a F14. V tomto případě jsou však větve patrně v bodě větvení zlomené a spočívají kolmo dolů, paralelně s osou D3. Od zlomu dolů je průběh os F13 a F14 v úseku c. 1,3 mm pouze naznačen. Od tohoto místa však pokračují c. 2,3 mm viditelné úseky obou os, jejichž průběh zdánlivě ukončuje skupina sporangií S5–S8 (Tab. 15I, J). Na Tab. 15I (b) je viditelná hranice mezi osami. Dle toho se jeví, že osy probíhají těsně u sebe a pravděpodobně jedna druhou překrývá, což společně se špatným zachováním komplikuje určení jejich průměrů. Ve své distální části se osy pravděpodobně dichotomicky dělí do krátkých terminálních větví, načež je každá patrně zakončena sporangiem. Isotyp ukazuje náznak dichotomického dělení osy F14 (Tab. 15I – a) na dvě krátké terminální osy, pravděpodobně zakončené sporangii S7 a S8. Na holotypu je naopak zachyceno pravděpodobné dichotomické větvení osy F13 (Tab. 15J – a) taktéž na dvě krátké koncové osy spojené se spodním párem sporangií S5 a S6. Výplň sporangií je částečně tvořena zbytky tmavé organické hmoty, jejíž hranice umožňují vymezit přibližné okraje sporangií. Místy je u sporangií patrný světlejší okrajový lem (Tab. 15I – b₁, b₂, J – b), dosahující mocnosti až 0,3 mm. Vzhledem ke špatnému zachování však není možné určit hranice těchto lemů. Vymezení sporangií včetně měřených parametrů je tedy pouze orientační na základě výrazných kontur tmavé organiky, která tvoří výplň sporangií. Prostorové uspořádání na základě výrazných kontur staví do popředí sporangia S5 a S6, která částečně zakrývají pár sporangií S7 a S8 v pozadí. Všechna čtyři sporangia S5–S8 jsou patrně stlačena dorso-ventrálně. Šířka sporangií se pohybuje v rozmezí 2,4 – 2,6 mm. Výška sporangií dosahuje 1,6 – 1,8 mm.

Bazální fragment pravděpodobné osy E8 se vyznačuje pouze svou nenápadnou nespojitou linií organické hmoty. Ta vede od bodu větvení 4d c. 2 mm distálně, kde se obloukovitě stáčí a pokračuje 2,1 mm proximálním směrem, kde mizí (Tab. 15H – b₂, K – b₂). Na isotypu je patrné, že tento fragment rovněž svým okrajem zasahuje do distální části osy D4 a bodu větvení 4d. To je pravděpodobně příčinou absence okrajové kontury osy D4 v místě, kde je plochou fragmentu zakryta. Za povšimnutí stojí c. 0,7 mm dlouhá vertikální linie

organiky (Tab. 15H – b₃), která okrajově narušuje komplex kruhovitých struktur bodu větvení 4d. Ta je zároveň paralelní k protější kontuře (Tab. 15H – b₂, K – b₂) fragmentu a tím mezi sebou tvoří c. 0,7 mm široký pás. Na základě toho se osa E8 jeví jako zlomená. Potenciální zlomená část osy pravděpodobně pokračuje proximálním směrem, avšak špatné zachování neumožňuje rozpoznat její další kontury, vyjma nejednoznačných jemných linií organiky na Tab. 15K (b₁, b₃).

Přibližně 2,5 mm proximálně od sporangia S5 a c. 0,35 mm vně od okrajové kontury osy D4 se nachází objekt připomínající dvě sporangia (Tab. 13C – d, D – d, 15F a G – a). Celý útvar dosahuje rozměrů 2,8 x 1,7 mm a patrně představuje dvě nekompletně zachovaná sporangia. Hranice mezi oběma sporangii (Tab. 15F šipka) je patrná c. 0,75 mm proximálně od apikální části útvaru a napovídá prostorové uspořádání obou sporangií. Ze spodního sporangia S9 zůstala zřejmě zachována pouze horní polovina, kterou je současně překryta spodní část druhého sporangia S10. Na holotypu jsou zachované zbytky černé organické hmoty akumulovány do kulovitěho útvaru, který možná kopíruje plochu sporangia S10. Pod tímto párem sporangií je situován objekt podobného typu (Tab. 13C – e, 15G – b). Zachován je však pouze na holotypu, jelikož na isotypu jej zakrývá záhadný kulatý povlak. Dle abnormální velikosti objektu, 3,5 x 1,8 mm, by se pravděpodobně mohlo jednat o dvě sporangia S11 a S12 v překryvu, podobně jak je tomu v předchozím případě. Zachování je podobné jako u předešlého páru sporangií. Zbytky černé organické hmoty jsou uvnitř útvaru zdánlivě soustředěny do tvaru elipsy o šířce c. 2,9 mm a výšce c. 1,1 mm. Obrysy sporangií či hranice mezi nimi však nejsou jednoznačně patrné. Na holotypu naznačený světlý obrys sporangia S11 by mohl být tedy taktéž následkem tafonomie. Oba páry sporangií by mohly představovat terminální část zlomené osy E8. Naneštěstí nejsou zachovány jednoznačné hranice dalšího pokračování osy E8, potenciálního bodu větvení či předpokládaných větví. Na základě roztroušených jemných linií organiky (Tab. 15K – b₁–b₃) je jedna z možných interpretací vyobrazena na Tab. 13B.

Větvená část D3

Ve své distální části se osa D3 dichotomicky dělí na větve E5 a E6. Větev E5 není kompletně zachovaná a ke svému zkrácenému konci dosahuje délky 10,4 mm. Jelikož není nad bází okraj spodní hranice osy zachován, je průměr osy měřen v její kompletní horní polovině. Rozsah šířek 1,1 – 1,2 mm naznačuje nepatrné rozšiřování od báze k distální části. V distální

části je zdánlivě širší úsek osy způsoben zasahující částí fragmentu dendroidního graptolita (Tab. 12E – šipka).

Oproti ose E5 je osa E6 zachována celá. Osa svou délkou dosahuje 10 mm k distálnímu konci, kde se dichotomicky větví. Od své báze se viditelně rozšiřuje a dosahuje průměru 1,2–,3 mm. Až na malé nerovnosti okrajů osy, pravděpodobně způsobené tafonomií, tvoří osa mírně vyklenutou konkávní křivku.

Terminální část Tp1 (Tab. 14A–C)

Zakřivení navazujících větví F11 a F12 je na druhou stranu opačné konvexní. U takto zachovaných os je obtížné určit úhel větvení. Obě osy jsou relativně krátké a úzké a jsou zakončeny pravděpodobně další mnohem kratší dichotomií s kulatými až kulovitými sporangii – vždy jedna osa zakončena jediným sporangiem. Kontury terminálních dichotomií jsou zakryty plochami stlačených sporangií. Vzhledem k tomu, že hranice mezi osami a sporangii nejsou patrné, není možné změřit přesnou délku terminálních os. Odhadem by délka krátkých terminálních dichotomií mohla dosahovat délky přibližně kolem 1 mm. Jelikož není viditelný vrcholový bod mezi větvenými terminálními osami (na dichotomii sporangií S3 a S4 pouze naznačen), je následující měření délek os namísto toho vztaženo na kontakt střední linie dané osy s okrajem sporangia. Terminální sporangia jsou více méně ve stejné horizontální úrovni a zdánlivě tvoří skupinu čtyř sporangií.

Osa F11 je zachována pouze na isotypu, zatímco na holotypu je přibližně na místě této osy zachován fragment patrně dendroidního graptolita (Tab. 14C – a). Na isotypu měří osa svou viditelnou část 2,9 mm. Neostrá kontura a chybějící část při okraji osy F11 jsou pravděpodobně výsledkem tafonomického procesu. To komplikuje následné stanovení průměru osy, pohybující se v rozmezí přibližně 0,8–0,9 mm. Na svém konci se osa dichotomicky dělí na dvě krátké terminální větve nesoucí sporangia.

Pravděpodobně apiko-basálně stlačené sporangium S1 svou plochou částečně zakrývá distální část osy F11 a celou větev terminální dichotomie, ze které vyrůstá. Elipsovitý tvar sporangia dosahuje šířky 1,7 mm a nebývalé výšky 3 mm. Výplň z velké části tvoří silná vrstva uhelné hmoty. Ta je výrazně soustředěna v elipsovitě protaženém tvaru (Tab. 14H – a) 2 mm šířky a 1,2 mm výšky s hranicí začínajícím c. 1 mm nad spodním okrajem sporangia. Střed tohoto útvaru, c. 1,1 mm šířky a 0,4 mm výšky, zaujímá plocha téměř bez uhelné hmoty (Tab. 14H – b). Patrný je okrajový lem (Tab. 14H – c), c. 0,3 mm šířky, který se vyznačuje minimem

organické hmoty. Okraj celého sporangia je kostrbatý, což je patrně způsobeno jeho stlačením. V jednom místě okraj vykazuje mírně konvexní charakter. Nad tím je zároveň patrná velmi jemná kontura organické hmoty, která opisuje půlkruh s konci napojenými na přibližné kraje zmíněné konvexní propadliny sporangia (Tab. 14H – d₁, d₂).

Sporangium S2 (Tab. 14I, J) se vyznačuje kulovitým tvarem s mírným vyklenutím do apexu. Šířka sporangia dosahuje 2,6 mm a výška 1,6 mm. Jeho spodní okraj představuje patrně hranici mezi sporangiem a krátkou osou terminální dichotomie (Tab. 14J – c). To naznačuje způsob stlačení sporangia dorso-ventrálně. Velkou část výplně tvoří necelistvá silná vrstva organiky, akumulovaná v převážné v dolní hemisféře sporangia, zatímco v jeho apikální části tato vrstva organiky chybí. V horní části, 0,1 mm pod okrajem sporangia, je viditelný c. 1,2 mm dlouhý a 0,05 mm silný pruh organiky (Tab. 14J – a), vedoucí podél okraje k apikální části. Oproti jinak světlejší výplni apikální části je na vrcholu sporangia patrný tmavší čočkovitý útvar (Tab. 14J – b), jehož spodní konvexní hranice se nachází přibližně 0,4 mm pod okrajem apexu.

Osa F12 je zachována obdobně jako osa F11. Délka osy F12 dosahuje 3,7 mm. Stejně jako u osy F11, ztěžuje neostrost kontury okraje osy F12 na isotypu měření její šířky, která činí c. 0,9 – 1 mm. V distální části osy je znatelné rozšíření, které indikuje místo větvení krátkých terminálních os. Přibližně 2 mm pod bodem větvení je patrný náznak tmavší linie organiky (Tab. 14C – b), probíhající středem osy. Linie pokračuje dále a kopírující větvení s pokračováním do obou terminálních os. Průměr linie nelze s přesností určit a pouze odhadem dosahuje 0,2 mm.

Elipsovitě protažené sporangium S3 (Tab. 14D, E) svým okrajem zakrývá krátkou větev terminální dichotomie. Sporangium je proto patrně stlačeno apiko-basálně. Oproti předchozímu je kontura pravého sporangia hůře rozpoznatelná. Výška, 2,4 mm, je zde měřena v rovině nejdelšího protažení elipsy. Šířka dosahuje 1,8 mm. Přibližně v horní polovině tvoří vnitřek sporangia necelistvá kruhovitá struktura z černé organiky (Tab. 14D – a, E – a) o vnějším průměru c. 1,3–1,6 mm a šířce pásu c. 0,1–0,15 mm. Přibližný střed kruhu je tvořen plným kruhem organické hmoty (Tab. 14D – b, E – b), dosahující 0,73 mm v průměru. Mezi plným kruhem a kruhovou konturou se nachází c. 0,14 široký světlý pás jen s minimálním množstvím černé organiky. Větší akumulace tmavé uhelné hmoty je také viditelná na isotypu ve spodním vypouklém okraji sporangia (Tab. 14E). Okraj sporangia je kostrbatý a obdobně jako u sporangia S1 je apex konvexně vklenut (Tab. 14E – d). Okrajový lem sporangia S3 (Tab. 14E – c) se obdobně jako u sporangia S1 vyznačuje nedostatkem tmavé organické hmoty.

Sporangium je od svrchu dolů narušováno slabou kalcitovou žilkou, která jej rozděluje přibližně na dvě poloviny. Mezi sporangii S3 a S2 se nachází c. 0,4 široký pruh světle hnědé organiky (Tab. 14A šipka), který pravděpodobně představuje část dendroidního graptolita, zasahujícího napříč celou terminální částí.

Tvar sporangia S4 (Tab. 14F, G) je kulovitý o šířce 2,8 mm, kterou je možné definovat díky dobře rozlišitelné hranici okraje. Výška, c. 2 mm, je proti tomu určena od vrcholové části směrem dolů k přibližné hranici, kde silná vrstva černé organiky končí. Výplň z velké části tvoří silná necelistvá vrstva uhelné hmoty, která se po celém svém obvodu vyznačuje c. 0,1–3 mm širokým okrajovým lemem (Tab. 14F – a, G – a) téměř bez uhelné hmoty. Vnější, jinak patrně hladký, okraj sporangia je při kontaktu s vedlejším sporangiem vroubkovaný. Ve své horní části je zkraje sporangium příčně narušeno kalcitovou žilkou. Přestože průběh terminální osy je pouze naznačen a pravděpodobná hranice mezi osou a sporangiem (Tab. 14G – b) není příliš patrná, je sporangium patrně stlačeno dorso-ventrálně.

Pravá část (Příloha 3B – R)

Na isotypu je zachována celá pravá část rostliny, zatímco holotyp z ní disponuje pouze c. 8,7 mm dlouhým úsekem osy B2. Stejně jako osa B1 mění i osa B2 ve své distální části zakřivení z konkávního na téměř nepatrné konvexní a na svém konci se dichotomicky dělí. Délka osy B2 je 38 mm a její šířka činí 1,4 – 1,6 mm. Z důvodu absence jedné z dceřiných větví, kdy je zachována pouze její báze (Tab. 12D – a), zde není možné změřit úhel větvení.

Ačkoliv je druhá větev C3 zachována, přibližně od poloviny délky je z důvodu necelistvosti vrstevní plochy její průběh lokálně přerušen. V distální části je osa pouze jemně naznačena. Navzdory horšímu zachování je možné i zde pozorovat tendenci k mírnému konkávnímu zakřivení. Délka této větve činí 17,5 mm. Měření průměrů osy je však vzhledem ke špatnému zachování distální části komplikované. Výsledný průměr, který činí 1,3–1,5 mm, je tedy zjištěn pouze ve viditelné spodní polovině.

Pokračující dichotomii reprezentují větve D5 a D6, z nichž větev D6 je zachována pouze zčásti. Velmi slabé kontury bazálních částí os navíc komplikují stanovení úhlu větvení. Ten mezi oběma osami svírá přibližně 71° (Příloha 3B – γ3). Pro nekompletní osu D6, dosahující délky c. 8,2 mm, jsou možnosti měření průměrů omezeny. Naměřené hodnoty šířek 1 až 1,4 mm přesto naznačují tendenci postupného rozšiřování osy distálním směrem.

Společným znakem pro obě osy je opět nepatrné konkávní zakřivení. Nad bodem větvení je osa protnuta pravděpodobně fragmentem dendroidního graptolita (Tab. 12D – b).

Terminální část Tp3 (Tab. 15A, B)

Problematickou část představuje osa D5, jejíž průběh narušuje neobvykle výrazné zúžení, které pravděpodobně indikuje bod dalšího větvení (Tab. 15A – a, B – 4e, C). Délka osy D5 je 6,9 mm. Měření šířek této osy je komplikováno neostrotí kontur bazální části. Výsledný rozsah šířek osy, c. 1,2–1,3 mm, je proto pouze orientační. V bodě větvení 4e je viditelné zúžení s mírným zešíknutím jedné strany osy patrně v důsledku chybějící větve E10 (Tab. 15C).

Zachovaná větev E9 dosahuje délky c. 5,8 mm a průměru 0,77–0,83 mm. Distální část je jen velmi slabě naznačena a vymezení jejího bodu větvení 5i (Tab. 15A – b) tedy nemusí být zcela přesné. Zároveň průběh odvozených větví F17 a F18 je špatně rozeznatelný. Nad předpokládaným bodem větvení je patrný kulovitý shluk organiky (Tab. 15D – f). Ten by mohl pravděpodobně být součástí fragmentu dendroidního graptolita, jehož pokračující část vystupuje ze sporangii S15 a S16 (Tab. 15A – c). Osy jsou ve svých distálních částech pouze naznačeny, lze však předpokládat jejich spojení s výše položenými sporangii (Tab. 15D). Dle charakteru ostatních terminálních částí je pravděpodobně každá z těchto os opět zakončena velmi krátkou dichotomií, na každé nesoucí jediné sporangium. Osa F18 je potenciálně dichotomicky větvena na dvě velmi krátké osy nesoucí pravděpodobně bližší pár sporangii S13 a S14, zatímco osa F17 s krátkou dichotomií nesoucí pravděpodobně sporangia S15 a S16, zdánlivě splývající v jediný útvar. Vzhledem ke špatnému rozlišení osových kontur je měření parametrů obtížné. Následující rozměry těchto os tedy nemusí být přesné a jsou pouze orientační. Délka viditelných částí obou os F17 a F18, měřena po okraje sporangii, je c. 2,5 – 2,7 mm. Osy pravděpodobně pokračují dále, kde se patrně ještě dělí na velmi krátkou dichotomii, zakončenou sporangii.

Terminální sporangia kulovitěho tvaru, jsou z podstatné části tvořena rozptýlenými zbytky černé organické hmoty. U sporangii je dobře patrný okrajový lem (Tab. 15D – a₁–a₃) o mocnosti 0,2 – 0,3 mm, který je tvořen světleji zbarvenou organikou. Okraje sporangii jsou neostré. Jemné kontury okrajového lemu naznačují prostorové uspořádání jednotlivých sporangii. Dle toho se jeví, že sporangium S13 svým světlým okrajem (Tab. 15D – a₁) překrývá sporangia S14 a S15, proto by tvary sporangii S14 a S15 mohly zdánlivě vypadat jako ledvinovité. Část okraje sporangia S13 zakrývající sporangium S14, tvoří přibližně v 0,6 mm širokém pruhu světlejší organická hmota (Tab. 15D – d). Kvůli tomu by se sporangium S13

mohlo zdánlivě jevit jako neúplné. Sporangia S15 a S16 jsou pravděpodobně situována horizontálně, zatímco sporangia S13 a S14 se jeví jako vertikálně umístěna. Distální části krátkých terminálních os, navazujících na sporangia S13 a S14 jsou proto pravděpodobně situovány horizontálně. Zploštění sporangia S13 je patrně apiko-bazální, zatímco zploštění sporangií S15 a S16 se jeví jako dorso-ventrální. Výplň sporangia S14, tvořena zbytky černé organiky, je elipsovitého tvaru se dvěma protilehlými body, v nichž jsou viditelné ostřejší ohyby elipsy (Tab. 15D – e_1 , e_2). Spojnice těchto bodů pak pravděpodobně představuje rovníkovou linii sporangia. V tomto případě je pak sporangium S14 stlačeno dorso-ventrálně. Lokální zachování černé uhelné hmoty může také naznačovat nehomogenitu ve stavbě sporangií. Například zřetelně u sporangií S14 a S15, u nichž je patrně výrazně menší množství černé uhelné hmoty v rámci jejich svrchních hemisfér (Tab. 15D – b_1 , b_2). Sporangium S15 by dle obrysu mohlo taktéž z většiny překrývat sporangium S16. Hranice mezi sporangií S14 a S15 je naznačena na Tab. 15D (c). Oba páry sporangií nejsou situovány ve stejné úrovni. To může naznačovat jiný způsob uložení jako například ohyb či zlomení os s níže položenými sporangií S13 a S14. Parametry všech čtyř sporangií S13–S16 jsou měřeny včetně jejich okrajového lemu. Jednu z možností potenciálního uspořádání sporangií S13 – S16 a jejich spojení s osami F17 a F18 zobrazuje rekonstrukce na Tab. 15E.

Revidovaný materiál: vzorek D–479 (Tab. 16B); coll. Národní muzeum

Poznámka: původně popsán Obrhelem (1962) jako ?*Cooksonia* sp.

Popis:

Vzorek reprezentuje rostlinnou fosílii o velikosti c. 1,3 cm. Rostlina vykazuje některé typické znaky silurských rostlin jako jsou holé osy, dichotomické větvení a terminální sporangia. Naopak disponuje také mohutnými osami o průměru c. 1 mm a patrně velmi krátkou terminální dichotomií s kulatými až oválnými sporangií se světlým okrajovým lemem (Tab. 16E šipka). Sporofyt je větven až čtyřikrát, přičemž jsou tři dichotomie jednoznačně viditelné a poslední dichotomie tvoří krátkou vidličku oddělující od sebe dvě sporangia. Viditelnými znaky sporangií na vzorku je kulovitý až oválný tvar s výrazně rozšířenou bází mírně zužující se do apexu. Pozorování v denaturovaném lihu dále odhaluje světlý okrajový lem dosahující šířky 0,1–0,2 mm. Následující popis se vztahuje k označení os na Tab. 16A. Naměřené parametry jsou uvedeny v Příloze 5B.

Báze osy je značně rozšířena, c. 1,5 mm, což by mohlo být způsobeno překryvem os, tvořící ve výsledku zdánlivou trichotomii. Osa A1 se pravděpodobně dichotomicky dělí na částečně zachovanou větev B1 a téměř chybějící větev B3. Větev B1 se v distální části opět dichotomicky větví na osu C1 a patrně osu C2, u níž je naznačena pouze její bazální část. Výběžek u levého okraje distální části C1 připomíná náznak báze další větve, avšak to je způsobeno patrně pouze deformací skutečné navazující dichotomie os D1 a D2. Každá z větví se pravděpodobně dále dělí na krátkou terminální dichotomii nesoucí sporangia – jedna osa nesoucí jediné sporangium. Větev C2 naopak zachována není, avšak báze a její pravděpodobná terminální sporangia naznačují její průběh. Distální část osy D3 nese jeden větší útvar protáhlého tvaru. Osa D4 nese podobný, zhruba o polovinu menší kulovitý útvar.

Osa A2 se dichotomicky větví pravděpodobně na osy B2 a B4, kde B2 je zřejmě kompletně zachována, zatímco B4 není zachována v celé své šíři.

Druhá větev B4, vycházející z osy A2, má průběh své střední části pouze naznačen. V distální části se osa dichotomicky větví na osy C7 a C8, přičemž z osy C7 je zachována pouze část. Osa C8 je oproti tomu zachována patrně celá se dvěma většími kulovitými útvary v distální části po stranách osy.

Skupina: **Tracheophytes** sensu Kenrick & Crane 1991

Skupina: **Eutracheophytes** Kenrick & Crane 1991

Skupina: **Lycophytina** sensu Kenrick & Crane 1997

rod: ***Baragwanathia*** Lang & Cookson 1935

Typový druh: *Baragwanathia longifolia* Lang & Cookson 1935

Holotyp: neurčen

Lektotyp: vzorek C115 (Lang & Cookson 1935, pl. 29, obr. 1); coll. Museum Victoria, Melbourne, Australia

Locus typicus: lom 19 Mile, Yarra Track, souvrství Yea, Victoria, Austrálie

Stratum typicum: Jordan River Beds, ?zóna *Monograptus thomasi* (lochkov)

Diagnóza (Lang & Cookson 1935):

„Stems of considerable size clothed with spirally arranged, long, simple leaves. Leaves maintaining a uniform width, not contracted from a markedly expanded base and not spine-like. Sporangia, among the leaf-insertions in certain zones of the ordinary shoots; possibly adaxially, near the bases of leaves. Large cylindrical central cylinder with primary xylem, which is stellate in cross-section and composed of uniform tracheides with narrow annular thickening.“⁵

Poznámka: Lang & Cookson popsali rod *Baragwanathia* roku 1935, kdy ještě nebyla stanovena povinnost pro určení holotypu při stanovení nového taxonu. O této povinnosti rozhodl až roku 1958 botanický kongres v Melbourne v úpravě ICBN (International Code of Botanical Nomenclature).

Typový materiál byl dlouho považován za silurského stáří (ludlow) kvůli chybnému datování na základě výskytu graptolitů. Roku 1966 potvrdil Jaeger v typové lokalitě hojné výskyty rostlinných společenstev včetně rodu *Baragwanathia* v zóně *Monograptus thomasi*, která koreluje s bází stupně lochkov.

druh: *Baragwanathia brevifolia* Kraft & Kvaček 2017

Holotyp: vzorek KR 1 (Kraft & Kvaček 2017, Tab. 3A, B, D–J and 4A–C); coll. Česká geologická služba

Locus typicus: Karlštejn, lokalita Ve Spáleném (v blízkosti domu č. 132), ČR.

Stratum typicum: požárské souvrství, biozóna *Neocolonograptus ultimus* (přídolí).

Diagnóza (Kraft & Kvaček 2017, s. 183):

„Slender axes bearing subtle, linear and moderately long microphylls, uniform in dense arrangement, truncate or rounded at tips showing a median midrib. Branching of stems isotomous. Apices of axes enfolded in a dense tuft of upward facing microphylls.“⁶

⁵ [„Stonky značné velikosti, obrostlé spirálně uspořádanými, dlouhými, jednoduchými listy. Listy udržujícími si jednotnou šířku, nezužující se ze značně rozšířené báze a nezašpičatělé. Sporangia, vložené v určitých místech mezi listy průměrných stonků; pravděpodobně přivrácené ke stonku, u bázi listů. Velký cylindrický centrální válec s primárním xylémem, který je na průřezu stelatní a složen z jednotných tracheid s úzkým prstencovitým ztluštěním.“] (vlastní překlad)

⁶ [„Štíhlé stonky nesoucí jemné, rovné a středně dlouhé mikrofyly, rovnoměrné v hustém uspořádání, na svých koncích zkrácené či zaoblené s viditelným středním žebrem. Větvění stonků isotomické. Apikální části os ukryty v hustých trsech mikrofylů směřujících vzhůru.“] (vlastní překlad)

Revidovaný materiál: vzorek KR 1 (Tab. 2B); coll. Česká geologická služba

Popis:

Rostlina z celkového pohledu zastupuje typického zástupce plavuní. Výška rostliny dosahuje více než 9,4 cm. Vyznačuje se tenkými di– až trichotomicky větveným osami, z nichž po celém průběhu hustě vyrůstají 1,25–4,4 mm dlouhé tupě zakončené mikrofyly. Osy se pouze nepatrně proximo-distálně zužují a jejich vrcholy jsou patrně tupě zakončeny. Interpretaci v menší míře ovlivňuje přítomnost mechovkových kolonií a drobných brachiopodů, původně žijících epifyticky na rostlině. Následující popis se vztahuje k označení os, uvedených na Tab. 2A. Naměřené parametry jsou uvedeny v Příloze 2C.

Bazální větev A se odlišuje od ostatních svým značně větším průměrem a absencí mikrofylů. V bazální části je osa mechanicky poškozena zřejmě následkem preparace. Ve své distální části se patrně trichotomicky větví na osy B1–B3, z nichž větve B2 a B2 se ve svém průběhu dále nevětví, větev B1 je dále větvená. Obě větve B2 a B2 dosahují přibližně stejné délky, c. 65 mm.

Osa B1 se zhruba 7,5 mm nad svou bází dichotomicky dělí do větví C1 a C2. Ty se ve svých bazálních částech patrně překřížují. Větev C1 pokračuje distálně bez náznaku větvení, přičemž ve své koncové části je z důvodu odlomené části vzorku její průběh špatně rozeznatelný. Oproti tomu se větev C2 přibližně 20,5 mm od své báze dichotomicky dělí na větve D1 a D2. Zatímco větev D2 se již ve svém průběhu dále nevětví, větev D1 se v distální části dělí dále na osy E1 a E2.

6 Diskuse

Svrchnosilurskou floru tvoří z většiny rostliny rodu *Cooksonia* Lang 1937. Během tohoto období jsou společenstva obohacena o výskyt rodů jako např. *Aberlemnia* Genez & Gerrienne 2010, *Baragwanathia* Lang & Cookson 1935, *Caia langii* Fanning et al. 1990, *Tortilicaulis* Edwards 1979 a další. Rostliny nabývají postupně větších rozměrů a vyvíjejí nové adaptace. Osy některých zástupců se vyznačují drobnými výběžky, patrně patřící k zosterophyllní linii směřující k plavuním. Možná endemickou je v tomto období nejstarší plavuň rodu *Baragwanathia*, která mezi ostatními drobnými rostlinami svým robustním vzrůstem a přítomností mikrofylů vyčnívá.

Rostoucí diverzita svědčí o průběhu výraznějších změn vnější morfologie i ve vnitřní struktuře rostlin. Kraft et al. (2018) zavedli termín Initial Plant Diversification Event (IPDDE), který představuje první výraznou diverzifikaci tehdejší flory během přídolí. Odhad prvotní větší diverzifikace ve svrchním siluru až spodním devonu zastává také např. Edwards (1990) a Hao & Gensel (2001). Patrně jedno z vývojově pokročilých společenstev rostlin představují také nálezy z oblasti Barrandienu České Republiky. Kromě spodnosilurských nálezů rostlin rodu *Cooksonia* (Libertín et al. 2003, Libertín et al. 2018) se zde vyskytuje již diverzifikované rostlinné společenstvo, které je na základě revizí této diplomové práce tvořeno rody *Aberlemnia*, *Baragwanathia*, *Fusiformitheca* Xue & Wang 2011 a *Tichavekia* Pšenička, Sakala & Kraft 2018. Vyjma tří rodů (*Aberlemnia*, *Fusiformitheca* a *Tichavekia*), které byly popsány z lomu Kosov u Berouna, byl rod *Baragwanathia* popsán z lokality Karlštejn (Kraft et al. 2018). Z lomu Kosov rovněž pochází nepublikovaný vzorek rostliny druhu *Cooksonia* sp. Včetně tohoto vzorku je diverzita svrchního siluru Barrandienu představována celkem pěti rostlinnými rody. Srovnáním obdobných celosvětových lokalit je počtem rodů nejbližší starší společenstvo oddělení ludlow z Bathurst Island v Kanadě (Kotyk et al. 2002), které zahrnuje celkem čtyři rostlinné rody, přičemž u dvou může být taxonomické určení diskutabilní. Dalším relativně rodově bohatým společenstvem představuje Capel Horeb ve Walesu stáří ludlow/přídolí, které publikovali Edwards & Rogerson (1979) se zde vyskytujícími se rody *Steganotheca*, *Aberlemnia* a dle mého názoru patrně v této diplomové práci nově popisovaným rodem *Tenanthosella*.

Rostliny svrchnosilurského společenstva Barrandienu představují kombinaci jak jednoduchých znaků, vyskytujících se u většiny silurských zástupců, tak znaky složitější, svědčící o jejich vývojové pokročilosti. Zdejší flóra zahrnuje převážně rhyniophytoidní rostliny

a jeden druh plavuně. Souhrn hlavních znaků a rozměrů svrchnosilurských rostlin Barrandienu je uveden v Příloze 1.

Druhová nejednotnost rostlin nalezených v Barrandienu svědčí o pokročilém stupni diverzifikace svrchnosilurského společenstva. To by mohlo představovat buď typické složení tehdejší flory v rámci této oblasti či pouze endemický výskyt těchto druhů. Vzhledem ke vzácnosti výskytu rostlinných makrofosílií není možné podpořit či vyvrátit ani jednu z možností. Jisté však je, že rodovým složením je flóra Barrandienu oproti většině svrchnosilurských celosvětových lokalit nadprůměrná.

V následující části jsou u jednotlivých rostlinných makrofosílií Barrandienu uvedeny interpretace a srovnání s obdobnými celosvětovými nálezy.

Pro přehlednost byla vytvořena srovnávací tabulka hlavních znaků svrchnosilurských rostlin Barrandienu (Příloha 1) a srovnávací tabulka hlavních znaků svrchnosilurských společenstev Číny, Polska a Velké Británie (Příloha 6).

Výsledky vzájemného srovnání parametrů společenstev představuje Příloha 7 se srovnávacím grafem průměrů os (A), šířek sporangií (B) a výšek sporangií (C).

6.1 *Aberlemnia* sp.

Materiál: vzorky D-477 (otisk, Tab. 1C, D) a D-476 (protiotisk); coll. Národní muzeum

Přestože na základě jediného fragmentu není možné vytvořit komplexní charakteristiku rostliny, jeví fragment některé znaky, díky kterým je možné rostlinu alespoň částečně definovat. Rostlina sdílí některé obecné znaky společné pro většinu silurských rostlin jako je například dichotomické větvení, holé osy a terminální sporangium. Naopak vykazuje patrně laterálně zploštělé sporangium s dehiscenční linií, což je znak, který se více vyskytuje právě u rostlin svrchnosilurských a dříve během spodního siluru je přítomen pouze sporadicky, vyskytující se pouze u některých rostlinných druhů (např. *Aberlemnia*, *Zosterophyllum*). Linie se navíc jeví jako otevřená, což by dokládalo jeho zralost při dosažení zhruba této velikosti a u případných podobných vzorků by bylo možné na tomto předpokladu velikostně odlišovat již zralá pukající sporangia a sporangia, která se zachovala v době své nezralosti.

Neobvyklými jsou patrné paralelní rýhy (Tab. 1B) na povrchu os A a B2, které by mohly představovat struktury vnitřních pletiv. Vzhledem k tomu, že lomnou plochou je otisk a protiotisk rozdělen na zhruba stejné poloviny, bylo by toto zachování možné.

Za povšimnutí stojí také oproti zbytku rostliny velice úzká terminální osa C1. Navzdory však jejímu malému průměru, dosahující 0,4 mm, tvoří tato hodnota ve srovnání s dalšími dvěma vzorky rodu *Aberlemnia* (*Aberlemnia bohemica*, *Aberlemnia caledonica*) tvoří stále ještě spodní hranici rozsahu os.

Rostlina svými znaky i rozměry odpovídá definici rodu *Aberlemnia*, přestože byl její popis sestaven na základě typového materiálu s fragmenty o minimální výšce 6–7 cm, kterou tento vzorek *Aberlemnia* sp. nesplňuje.

Oproti druhu *Aberlemnia bohemica* je tento fragment velice chudě větvený, což by mohlo být rovněž způsobeno tím, že mohl tvořit již terminální část rostliny. Při porovnání šířek os *A.* sp. a *A. bohemica* dosahuje vyšších průměrů *A. bohemica*, dokonce až o 0,5 mm více. Rozměr zachovaného sporangia je naopak o málo vyšší než největší sporangium *C. bohemica*.

Vzorek svými parametry více odpovídá cf. *A. caledonica* z rostlinného společenstva Velké Británie (h.v. Edwards & Rogerson 1979). Vzorek cf. *A. caledonica* se však vyznačuje navíc přítomností vypouklé kulovité struktury ve střední části sporangia, kterou český nález *A.* sp. nevykazuje. Komplexnější srovnání obou vzorků vzhledem k drobnosti fragmentu (c. 2,4 mm) cf. *A. caledonica* není možné.

Fragmentace a některé chybějící osy komplikují interpretaci. Přesto osy rostliny se jeví spíše jako měkké a poddajné. To by naznačovala také nepravidelnost levého okraje báze osy B1 bezprostředně nad bodem větvení a ohyb zhruba v polovině jejího průběhu.

6.2 *Aberlemnia bohemica*

Materiál: vzorky JE–Sch0260A (otisk, Tab. 2C) a JE–Sch0260B (protiotisk, Tab. 2D);
coll. Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm

Rostlina byla poprvé popsána Schweitzerem (1980), který určil její velikost na 3,5 cm. Výška této rostliny však za jejího života byla pravděpodobně pouze 3 cm. Přestože nejspodnější osa (Tab. D – a) může zdánlivě působit jako osa výchozí, ze které se převážná část rostliny větví, při bližším pohledu na isotypu je patrné, že rostlina vyrůstá keříčkovitě z jediného místa a tato osa tvoří jednu z mnoha větvených částí, které vyrůstají ze společné báze (Tab. 2C – b,

D – b). Její umístění a zahnutí celé větvené části směrem ke zbytku rostliny by mohlo naznačovat také případné zachování *in situ*. Tomu by také odpovídala báze trsu rostliny, která se jeví jako částečně zanořená v hornině. Výskyt asociovaných graptolitů by dále naznačoval mořské prostředí, které by bylo pro růst této rostliny možné pouze v rámci fotické zóny. Rostlina mohla takto růst v mělkovodním prostředí buď částečně či zcela ponořena. Místy nepravidelné okraje a ohyby os, především v paždí větví by dále mohly naznačovat případnou měkkost a poddajnost os, což by rovněž vedlo k předpokladu, že se jednalo spíše o rostlinu z vodního prostředí. Naopak výrazně tmavé osy, tvořené větší akumulací organické hmoty společně s náznaky rýh probíhajících středy některých os by mohly naznačovat přítomnost pevnějších pletiv pro růst v suchozemském prostředí.

V porovnání se vzorky *Aberlemnia* sp. a cf. *Aberlemnia caledonica* (v Edwards & Rogerson 1979) má tato rostlina výrazně širší osy, avšak o málo nižší hodnoty rozměrů sporangií. Dle svých znaků a parametrů až opět s výjimkou výšky, která je v diagnóze popsána pro nejméně 6–7 cm vysokou rostlinu (Edwards 1970), odpovídá rostlina znakům rodu *Aberlemnia*.

6.3 cf. *Fusiformitheca* sp.

Materiál: vzorek WBM F21762 (Tab. 1E, F); coll. Západočeské muzeum v Plzni

V celkovém pohledu se rostlina svou výškou jeví jako téměř kompletní. Vyjma některých chybějících os nejsou na rostlině patrné větší deformace a prošla patrně jen minimálním transportem. Osy představované tmavší organickou hmotou a výraznějšími tmavými liniemi by mohly naznačovat suchozemský habitat rostliny. Za povšimnutí stojí také nejbazálnější část osy hlavní se světlejší organickou hmotou a náznakem zkroucení. Osy vykazují určitou pravidelnost a v porovnání s nerovnými okraji os. Ačkoliv se orientace rostliny může jevit jako na Tab. 1F, je možné, že rostlina byla orientována s osou B1 jako svou osou hlavní, přičemž osy A a B2 by tvořily její větve.

Výrazně vertikálně protažené sporangium připomíná tobolku mechorostů. K tomu by přispívala také přítomnost jakéhosi pouzdra, které může být tenkou epidermální vrstvou obalující rezistentnější pletivo vnitřku sporangia. V zašpičatělé apikální části by se pak mohl ukrývat mechanismus k otevírání sporangia (dehiscenční linie, ztenčená plocha pletiva).

Rostlina vykazuje některé typické známky rhyniophytoidních typů jako je běžné dichotomické větvení a terminální sporangium. Naopak takto výrazně vertikálně protažený tvar sporangia je sdílen jen mezi mála rody, mezi které vyjma rodu *Fusiformitheca* patří například *Steganotheca* a *Tortilicaulis*. Zvláštností je, že navzdory svému jednoduchému vzhledu se tyto rody tři rody objevují ve fosilním záznamu až během svrchního siluru. Rod *Steganotheca*, publikován například z lomu Capel Horeb ve Walesu (Edwards & Rogerson 1979), se odlišuje především charakteristickým tvarem sporangia, jehož apikální část je plochá se strukturou čočkovitého tvaru v apexu (Edwards 1970). Rod *Tortilicaulis*, který byl poprvé popsán ve svrchnosilurském rostlinném společenstvu ve Freshwater East ve Walesu (Edwards 1979), se oproti rodu *Fusiformitheca* vyznačuje často zkroucenými osami o menším průměru a většími rozměry sporangií.

6.4 *Tenanthosella obrhelii*

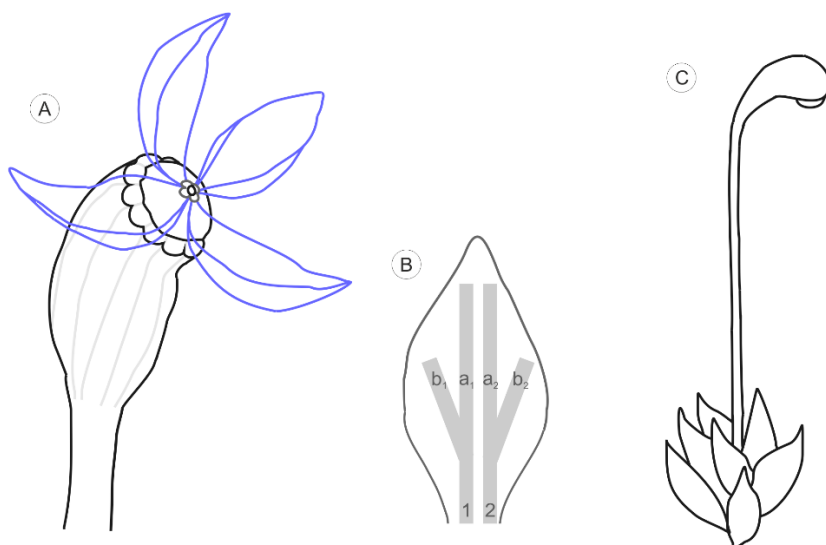
Materiál: vzorek D-475 (Tab. 3B); coll. Národní muzeum

Rostlina ve své celkové podobě vykazuje typické znaky většiny silurských rostlin (e.g. holé osy, dichotomické větvení, terminální kulovitá sporangia), avšak svou velikostí, c. 7 cm, je ve srovnání s nimi nadprůměrná. Osy se jeví relativně pevné, avšak četné ohyby a přetočení naznačují, že byly měkké a poddajné. Je nepravděpodobné, že by vzpřímený růst rostliny této velikosti na souši byl udržován pouze turgorem, proto lze předpokládat přítomnost mechanického pletiva či její růst ve vodním prostředí. Více než průměrné délka os (1,15–9 mm) by však jistým potenciálem k suchozemskému životu disponovala. Šířky os (0,3 – 0,96 mm) naopak tvoří hodnoty u jiných silurských rostlin relativně běžné. Přispívala by tomu také povaha dichotomicky větvených os, které téměř striktně dodržují stavební plán rostliny s malými rozdíly v úhlech větvení (57°–73°). Báze rostliny (Tab. 4D) nevykazuje patrné známky ulomení, ba naopak by mohla představovat celou bazální část rostliny, která byla původně v kontaktu se substrátem. Vyšší akumulace a průběh pravděpodobně více os z tohoto bodu by naznačoval, že z jednoho místa vyrůstalo trsovitě patrně více větvených částí. Tendenci postupného proximo-distálního zkracování dichotomií narušuje druhá dichotomie, která je výrazně kratší než následující. Akumulace uhelné hmoty ve vrcholcích větvení os B1 (5H šipka) a C2 (12I šipka) by mohly dokonce naznačovat místa meristematických pletiv.

Zachovaná výrazně tmavá organická hmota představuje sporangium kulatého tvaru. Ve spojení s nálevkovitě protaženou distální částí terminální osy svým charakterem připomíná

tobolku mechorostů. Tomu by napovídaly také místy přetočené terminální osy (Tab. 5 – b_1 , b_2 ; 7A – a, D – c_1 , c_2), na které sporangia nasedají, což také nápadně připomíná charakter štětu sporofytu mechorostů. Ostatní dvě zachovaná sporangia S3 (Tab. 6A, B) a S5 (Tab. 7A–C) bohužel nemají dostatečně vypovídající hodnotu jako výjimečně zachované sporangium S5.

Přestože afinitu k cévnatým rostlinám nelze vyloučit, rostlina svým charakterem os i tvarem sporangií vykazuje znaky podobné mechorostům. Předpokládaný tvar sporangia by nápadně mohl připomínat tobolku mechu, konkrétně například rodu *Funaria* (zkrutek). Gametofyt mechu rodu *Funaria* zároveň vykazuje nebývalou podobnost s lístkovitými otisky na vzorku. Liší se však svým umístěním, jelikož oproti lístků rostoucí ze sporangia vzorku tvoří shluk jemných lístků rostoucí na bázi štětu sporofytu (Obr. 7C). Dalším rozdílem je přítomnost pouze jediného středového žebra na listech. Jednou z možných představ původní podoby sporangií rostliny na vzorku je umístění pravděpodobně jednotného gametofytu, představovaného shlukem anteridií a archegonií chráněných okolními lístky, na vrcholu mírně protažené tobolky (Obr. 7A).



Obr. 7. A – rekonstrukce předpokládané podoby sporangia *Tenanthosella obrhelii*. B – předpokládané uspořádání lamin (pravděpodobných žilek) listovitého útvaru *Tenanthosella obrhelii*. C – Nákres gametofytu a sporofytu mechu druhu *Funaria hygrometrica* (podle Vanderpoorten & Goffinet 2009), z bazálního listovitého gametofytu vyrůstá štět s tobolkou.

Výše zmíněnými znaky rostlina neodpovídá emendované diagnóze pro rod *Cooksonia*. Lístkovité otisky včetně zbytků po předpokládaných listových žilkách věrně odráží původní listové struktury sporangií, které u jiné rostliny silurského stáří nebyly pozorovány. To blíže souvisí také s jejím výjimečným způsobem zachování. Odlišnost této rostliny je dostatečná pro stanovení nového rodu.

Poznámky ke způsobu zachování

Vzhledem pouze k místy patrné fragmentaci prošla rostlina pravděpodobně transportem pouze na krátkou vzdálenost. Pravá část rostliny je oproti levé značně nekompletní a patrně transportem nejvíce poškozena. Osy C1, D1, D2, D3 a C3 vykazují ohyb či zlom u většiny případů přibližně v polovině své délky, přičemž u os stejné úrovně větvení (D1, D2, D3 a C1, C3) je místo ohybu/zlomu vždy zhruba ve stejné rovině. Tyto dvě roviny jsou navíc vůči sobě téměř paralelní. To by mohlo napovídat o mechanickém poškození například trakcí rostliny po dně v jednom směru, případně vlivem vodního proudění. Tomu by nasvědčovalo, že místa ohybu jsou přibližně ve stejné rovině (Tab. 3B bílé přerušované linie) u os stejné úrovně větvení (C1, C3 a D1, D2, D3). Také otisky po sporangiích (viz dále) dokládají jejich trakci a patrný pohyb vlivem proudění.

Poškození jen některých větví by patrně souviselo s jejich prostorovým uspořádáním, přičemž ohnuté či zlomené osy, které v původním stavu směřovaly příčně k ploše sedimentu, byly vystaveny působení tření pravděpodobně s mořským dnem. Vliv proudění by dále mohl mít za následek přetočení os E1, E2 a D3.

Otisky v blízkosti terminálních částí

Na Tab. 3B jsou červeně ohraničena místa, v nichž jsou zachovány jisté otisky připomínající větvené části os se sporangii. Přestože kontury některých otisků jsou zvýrazněny povrchovou oxidací, jsou lépe rozeznatelné při pozorování suchého reliéfu vzorku. Otisky jsou zároveň situovány nápadně v blízkosti terminálních částí Tp1 a Tp2. Popis je dále rozdělen samostatně pro charakteristiku otisků v okolí terminální části Tp1 (dále jen otisky u Tp1) a otisků u terminální části Tp2 (dále jen otisky u Tp2).

Otisky u Tp1 (Tab. 6C – E)

Na otisku 1 jsou patrné dva kulovité až elipsovité útvary X a Y, ležící ve stejné rovině, tvořené značnou vrstvou oxidace. Levý útvar X dosahuje rozměru 0,64 x 0,5 mm s výraznou konturou tvaru elipsy. Přibližný střed útvaru tvoří kulatá jamka o průměru 0,08 mm. Směrem k jamce se od okrajů elipsy sbíhá několik tmavých paprscitých struktur 0,06–0,07 mm. Od tohoto útvaru je reliéfem naznačen c. 0,8 mm dlouhý a 0,38 mm široký úsek k místu, kde se pod úhlem 60° sbíhají dvě výraznější kontury vyvýšeného reliéfu. Jedna z kontur míří od útvaru X a druhá je patrně spojena s útvarem Y. Pravý útvar Y vykazuje podobné znaky jako útvar předchozí. Jeho výrazná kontura je kulatá o průměru c. 0,57 mm. Ve středu útvaru se nachází kulatý, patrně propadlý, útvar o stejném průměru 0,08 mm jako v předešlém útvaru. Jsou zde také patrné 0,7–0,8 mm široké paprscité struktury, vycházející od okraje útvaru a směřující ke středové jamce. Oba útvary X a Y připomínají svým tvarem i rozměry sporangia. Výše zmíněné kontury, vycházející proximálně od obou útvarů by pak mohly představovat jejich terminální osy. Níže od útvarů X a Y jsou dále patrné další podobné objekty, viditelně uspořádané přibližně v jedné řadě pod sebou. Proximálním směrem leží nejbližší, přibližně 0,95 od útvarů X a Y, útvar X1 o rozměru 0,46 x 0,32 mm. Ve vzdálenosti 0,74 mm pod ním další útvar X2 s průměrem 0,25 mm a ještě pod ním jeden výrazný útvar X3 o rozměru 0,52–0,45 mm. Přibližně 0,3 mm vpravo od útvaru X3 je ve stejné rovině situován patrně další útvar, c. 0,6 mm šířky, z něhož je zachována pouze konkávně zakřivená kontura patrně levého horního okraje. Proximálně od útvarů pokračují náznakem v reliéfu kontury, připomínající osově části, které vedou až k vrcholu osy F1.

Dle podobnosti tvaru větveného úseku otisku lze předpokládat, že se jedná o otisk terminální dichotomie Tp1 s osami F1 a F2. Odpovídá tomu jak délka otisků předpokládaných osových částí, tak úhel ~ 60°, pod kterým jsou osy F1 a F2 větveny. Kulovité útvary X a Y by pak mohly představovat otisky sporangií této dichotomie, přestože na koncích os nejsou zachovány. Větvená část s osami F1 a F2 se zřejmě pohybovala trakcí po mořském dně a přitom zanechávala otisky. Útvary X1–X3 pak představují místa, kudy směřovalo potenciální sporangium S1 (útvar X) ze své původní pozice až k cílovému místu, které představuje patrně vrchol osy F1. Vpravo od řady útvarů X1–X3 je dále naznačeno několik dalších kulovitých otisků, z nichž nejvíce patrné jsou otisky Y1–Y3, které však nejsou zvýrazněny oxidací a jsou tak snadno přehlédnutelné. Tyto otisky Y1–Y3 vedou paralelně s druhou řadou útvarů X1–X3 a představují tak patrně otisky potenciálního sporangia S2 na ose F2. Následkem průniku

roztoku bohatého patrně na mangan do puklin pak jeho rychlou krystalizací vzniklo takovéto zvýraznění kontur otisků.

Přestože se na druhé ose E2 jedna z terminálních větví F4 nezachovala, důkaz o její existenci by mohl přinést otisk na Tab. 6D, který je situován vpravo od sporangia S3. Dalším nepřímým důkazem o trakci osových částí na mořském dně pravděpodobně poskytuje linie povrchové oxidace (Tab. 6I – b), na jejímž konci je viditelný bod s náznakem křížové struktury, který je patrný u všech sporangií. Otisky tvaru čtyřlístku v okolí linie (Tab. 6I – a1, a2) jsou patrně rovněž od sporangií (viz dále Otisky apikálních struktur sporangií).

Otisky u Tp2 (Tab. 6F)

Podobný případ jako u otisků v blízkosti Tp1 lze předpokládat také u objektu 2. Dva výraznější otisky v reliéfu jsou patrné v terminální části c. 1,1 mm nad sporangiem S5. Oba útvary leží přibližně ve stejné rovině a od okolí je odlišuje pouze mírně vyvýšený reliéf, tvořící obrysy útvarů. Oproti předchozímu případu zde není patrná zvýrazňující vrstva oxidace. Levý útvar Q je elipsovitého tvaru o rozměru 0,84 x 0,9 mm. Jeho přibližný střed je pouze naznačen kulatým útvarem o průměru c. 0,2 mm. Výplň otisku tvoří patrně všesměrná striace. Jakékoliv další struktury nejsou patrné. Pravý útvar W je patrně kulovitého tvaru, avšak jeho obrys je značně kostrbatý. Rozměru útvaru je tedy pouze odhadem 0,8 x 0,84 mm. Uvnitř je viditelná kulatá struktura o průměru 0,2 mm, stejně jako u předchozího útvaru Q. Jiné popsitelné struktury zde nejsou patrné. Oba útvary Q a W mohou představovat, podobně jako v předchozím případě u otisku 1, otisky níže položených sporangií S5 a S6. Naznačuje to jejich nápadně podobající se tvar, velikost a stejná rovina vzájemného umístění potenciálních sporangií. Levý útvar Q by v tom případě představoval otisk sporangia S5, zatímco pravý útvar W by mohl být otiskem sporangia S6. Patrný důkaz představuje podobnost ve tvaru a textuře sporangií a jejich odpovídajících otisků, které je možné porovnat dle Tab. 6F–H. Na Tab. G je vyznačen předpokládaný střed (a) sporangia S5 a okrajový lem (b).

Otisky apikálních částí sporangií

V okolí sporangií jsou zachovány otisky dvojího typu. Oba typy představují laločnaté tvary segmentované do patrně čtyř částí, jejichž střed tvoří drobný bod podobného laločnatého tvaru. První typ A představuje silnější vtisky čtyřlístkového tvaru s tupě zakončenými vnějšími

okraji. Druhým typem B jsou so špičky zakončené lístkovité otisky, které jsou oproti předchozím výrazně slabší.

Otisky typu A

Na Tab. 10A a B je patrné množství otisků tvaru čtyřlístku, které jsou zachované výhradně v okolí terminálních částí Tp1 a Tp2. Otisky se vyznačují vnější sadou čtyř větších trojúhelníkových laloků o maximálním rozměru 0,5 x 0,5 mm, radiálně umístěných kolem drobného útvaru podobného tvaru velikosti 0,13 x 0,13 mm. Zatímco vnější laloky jsou od sebe vzájemně odděleny mezerami, c. 0,7 mm v průměru, drobná středová čtyřlístková struktura se jeví celistvá, vykazující jemné linie, pravděpodobně rýhy, mezi naznačenými laloky napříč útvarem, které ve výsledku tvoří zdánlivý kříž. Otisky jsou velmi hojné a jsou umístěny především v okolí terminální části Tp2. To napovídá, že tyto struktury mohou mít vazbu ke sporangiím, což dokládají zachované čtyřlístkové otisky přímo ve sporangiích S5 (Tab. 10G, H) a S6 (Tab. 10E, F), případně pouze náznaky jako zachované křížové struktury uvnitř otisků po předpokládaných sporangiích S1 a S2 (Tab. 6C, E).

Otisky typu B

Ve větším detailu je místy patrný druhý typ otisků, které jsou oproti předchozím tvořené patrně čtyřmi laloky lístkovitěho zašpičatělého tvaru. Střed útvarů stejně jako u předešlého tvoří drobný útvar taktéž laločnatého tvaru se středovým jamkovitým bodem. Středem jednotlivých lístkovitých laloků místy v osové rovině probíhá naznačená linie. Délka jednotlivých útvarů dosahuje c. 0,65–0,77 mm a šířka činí 0,27–0,4 mm. Laloky jsou od sebe odděleny viditelnými mezerami. Tyto útvary jsou viditelně hojně zachované především v okolí terminální části Tp1 (Tab. 11), zatímco v okolí terminální části Tp2 jsou méně a pouze velmi nepatrné. Výrazněji jsou zachovány v místech sporangií S5 a S6. Tab. 8 zobrazuje lístkovité otisky sporangia S6, jejichž střed je zachován o něco málo níže než je skutečný střed sporangia. Struktury jsou přitom viditelné jak v denaturovaném lihu, tak při pozorování suchého reliéfu.

Závěrem k otiskům

Otisky by pravděpodobně mohly představovat lístky vycházející od středové čočky sporangia. Tmavé laminy by pak mohly tvořit listové žilky, což by naznačoval patrně ulomený fragment laminy o rozměru 0,7? x 0,1 mm připomínající průřez žilkou (Tab. 9C – b). Dva tmavé body v průřezu by dále mohly představovat průběhy vodivých svazků. Některé žilky mohou být zpretrhány, čemu by odpovídaly zbytky pletiva (Tab. 9C – a) vycházející ze středové čočky.

Dle pravděpodobného uspořádání žilek (Tab. 9B) by jedním listem mohly probíhat pravděpodobně 3–4 žilky samostatně, případně 2 dichotomicky se větvící podle Tab. 9E a Obr. 7B. Předpokládané žilky byly patrně pevné a mohly způsobovat charakteristický konvexní ohyb lístků. To by dokládalo jemné lístkovité otisky typu B, které vznikly zřejmě jemnějším dotykem se sedimentem. Oproti tomu čtyřlístkové otisky typu A jsou hlubší a patrně představují otisk lístku větší silou natolik, že jsou viditelné pouze části lístků, které byly v kontaktu se sedimentem – tedy plocha lístku bez distální části lístku, která se v tu chvíli nedotýkala sedimentu.

Otisky by mohly představovat výjimečné zachování podoby původních apikálních orgánů sporangií, které patrně tvořily jemné vícežilné listky. Terminální osy se sporangii patrně nebyly ve stálém kontaktu se sedimentem, avšak pravděpodobně vyčnívaly a kmitající vlivem proudění následně mohly vytvářet tyto typy otisků. Na schopnost vytlačení takto pravidelných struktur bylo měl zřejmě vliv také tvar sporangia, který mohl být mírně protažen v rovině osy, jehož apikální struktury s listy byly umístěny na svrchním protaženém konci. Patrně na své bázi zlomená žilka viditelná u sporangia S6 (Tab. 9C – b, D světle modrá) odhaluje pravděpodobný průřez, přičemž tato struktura se jeví jako mírně trojrozměrně zachovaná a dokládala by, že fosílie není zcela stlačená. Vzhledem k nejisté afinitě rostliny je třeba usuzovat, že vodivé svazky by mohly být tvořeny tracheidami cévnatých rostlin, ale stejně tak i hydroidy mechorostů. Lístkovité otisky však svým charakterem značně připomínají „listy“ recentních mechů. Napovídalo by tomu i jejich nezachování ve fosilním záznamu, jelikož listy mechů jsou vyjma středových žilek obecně tvořeny pouze jednou vrstvou parenchymatických buněk a potenciál k jejich zachování je nízký až mizivý. Oproti tomu bývají střední žilky tvořeny vrstvou i několika buněk, čímž potenciál k jejich zachování stoupá. To by odpovídalo skutečnosti, že jsou u sporangií S5 a S6 zachovány pouze tyto předpokládané žilky v podobě výrazně tmavších lamin. Ty probíhají radiálně od středu sporangia k okrajům, které místy dokonce přesahují, načež následuje jejich patrné zlomení. Předpokládané žilky listů jsou zlomeny pravděpodobně ve své polovině, což mohlo být následkem jejich mírně konvexního zakřivení a jejich následným stlačením sedimentem.

Ichnostopy a okus rostliny

Viditelným přerušením v bazální části hlavní osy A dále pokračuje nerovný reliéf, který je usměrněn v přibližně 0,6–0,7 mm širokém pásu. Ten by mohl představovat ichnostopu, patrně po lezení živočicha (repichnia). K tomu by přispívala také přítomnost několika kulovitých až elipsovitých proláclin (Tab. 4C) v cestě, které by mohly být odpočinkovými místy potenciálního původce. průměr proláclin je c. 0,6–0,95 mm ve vzájemném odstupu c. 0,15–0,35 mm. Výraznější kontury uhelné hmoty os rostliny v místě kontaktu s cestou mohou být také následkem lezení daného živočicha.

Podobné přerušení je také v distální části osy B2, které je dle charakteru také jednoznačně pozůstatkem činnosti živočicha. Lze zde pozorovat stopu po lezení živočichů (repichnia), přičemž jejich typů je přítomno více a původcem není jen jediný druh. Vyjma zde téměř všudypřítomných jemných náznaků pravděpodobných stop Cruziana, jejichž původcem je trilobit, vede přímo v úseku chybějící osy výrazně širší stopa (c. 1,5 mm široký pás), u níž se jeví, že jejíž původce pouze nelezl po dně, ale patrně dokonce osu rostliny okusoval. Místa okusu (Tab. 4G – a1, a2, H – a2) se vyznačují c. 0,9 mm širokými otisky hlízovitého tvaru s nápadně nerovným okrajem v předpokládané apikální části průběhu stopy. V jednom místě stopa dokonce naznačuje 0,25–0,3 mm dlouhé tenké výběžky (Tab. 4H a1). Okraj stopy v místě chybějící osy zde může pouze zdánlivě připomínat náznak jejího průběhu. Lze však předpokládat, že původce ichnostopy kopíroval průběh osy, kterou zároveň požíral.

Obrys koncové části větve F2 je zkreslen mírně deformovaným reliéfem, způsobeným patrně stopou po lezení živočicha (repichnia) (6A – c, 5E). Stopa dosahuje c. 0,74 mm v průměru a probíhá příčně na osu F2. Texturu stopy tvoří na sebe hustě naskládané poloměsíčitě obrysy, připomínající způsob lezení trilobita, přesněji rytí do sedimentu hlavovým štítem. Tomu by odpovídaly také jemně patrné ostré výčnělky vedoucí paralelně ve dvou liniích po okrajích stopy, které pravděpodobně představují lící trny cephalonu. Směr lezení trilobita je příčný proximo–distální. Na základě výše zmíněných znaků je předpokládaná ichnostopa označena jako Cruziana. Ichnostop podobného typu je na vzorku přítomno mnohem více. Dalo by se říci, že je vzorek jimi přímo protkán, avšak konkrétně tato vykazuje znaky dostatečné k jejímu určení. Pokračování stopy je zobrazeno na (Tab. 5E, F). Cruzeánová ichnofacie by dokládala výskyt v mělkovodním prostředí.

Epibióza

Světleji zbarvená organická hmota, zachovaná v okolí sporangií S5 a S6 a jejich terminálních os (Tab. 7A, D) by mohla představovat jakýsi povlak rostoucí na ose a sporangiu, pravděpodobně mechovkovou kolonii. Dle patrného hadovitého charakteru by se mohlo jednat o mechovku podobnou rodu *Cristatella*. Svědčila by tomu i textura (Tab. 7E), viditelná především na bázi sporangia S6. Na Tab. 7D označuje „f“ tmavý bod, kterými je textura poseta. Na Tab. 7E pod označením „f“ je zobrazen stejný bod v detailu. Při bližším pohledu je patrné, že z těchto bodů vycházejí světlé provazovité struktury. Mohlo by se jednat o zooidy, tvořící kolonii mechovky. Označení „h“ na Tab. 7E ukazuje na pravděpodobnou bázi lofoforu a označení „g“ by mohlo představovat jeho tmavší apikální část. Jedna z možných rekonstrukcí pojetí sporangia obaleného mechovkou je zobrazena na Tab. 7G.

K porůstání mechovkami (Tab. 7D – d, f, E) došlo patrně až po spadu rostliny do vodního prostředí. Aby vznikly lístkovité otisky apikálních částí sporangií, musely být listy rozevřené, což by nebylo možné, kdyby bylo sporangium za života rostliny obaleno mechovkou. Obtočení os mechovkou je viditelné především v terminální části Tp2. Distální konce os F1 a F2 terminální části Tp1 vykazují podobnou texturu předpokládané mechovky jako je pozorovatelná u os a sporangií terminální části Tp2. Obě tyto terminální části nebyly patrně po spadu fragmentu rostliny v přímém kontaktu se sedimentem a po určitou dobu ještě vyčnívaly nade dnem, čímž mohly pro mechovky představovat vhodný substrát k porůstání.

Tenanthosella obrhelii – srovnání se vzorkem od Edwards & Rogerson (1979)

Druh *Tenanthosella obrhelii* představují dle mého názoru vzorky zobrazené v Edwards & Rogerson na pl. 1, obr. a, b, c, g. Ty jsou dle Edwards & Rogerson (1979), vyjma označených jako neurčená sporangia, přiřazeny k druhům *Cooksonia hemisphaerica* a *Cooksonia* sp. Jedná se o dichotomicky větvenou rostlinu s terminálními kulatými sporangii, které vykazují nenápadné znaky týkající se distální části osy a tvaru a struktur sporangia. Přestože kvalita fotografií komplikuje rozlišení jednotlivých fragmentů, místy je patrný charakteristický ohyb distální části osy kolem sporangia. Jeden vzorek by mohl zachycovat sporangium z apikálního pohledu, kde je viditelná nehomogenita mezi světlým vnitřkem plochy apexu a okolním pletivem. Šestiúhelníkový obrys okraje vnitřní světlé plochy pak připomíná vnitřní

mnohouhelníkovou plochu apikální části sporangia z Obrhelova materiálu (vzorek D–475), na kterém byl rod *Tenanthosella* popsán. Nejednoznačný bod uprostřed plochy by pak mohl představovat středový bod jako u sporangia S6 u vzorku D–475. Zúžená distální část terminální osy není určující, jelikož může být deformovaná. Maximální velikost fragmentů, jak popisuje Edwards & Rogerson (1979) je 17 mm a šířka os se pohybuje v rozmezí 0,3–0,4 mm, které přibližně odpovídá mnou naměřeným šířkám u vzorku D–475. Velikost sporangií dle uvedených hodnot by také přibližně odpovídala. Zatímco mnou naměřené parametry u vzorku D–475 představují hodnoty 0,8–0,9 průměru kulatého sporangia, Edwards & Rogerson (1979) uvádějí zvlášť hodnoty pro šířku, 1,2 mm, a pro výšku, 0,9. Je patrné, že uvedenou výškou sporangia by materiál odpovídal rozměrům u vzorku D–475. Tyto uvedené hodnoty měřili Edwards & Rogerson (1979) pro fragmenty jimi původně označenými jako *C. hemisphaerica* a *C. sp.*, tudíž tyto rozměry mohou zahrnovat zároveň jiné rostliny, které druhu *Tenanthosella obrhelii* neodpovídají. Rovněž je třeba brát v úvahu nepřesnosti měření a zjevnou deformaci vzorků.

6.5 *Tichavekia grandis* – typový materiál

Materiál: vzorky F21761b (holotyp, Tab. 12A) a F21761a (isotyp, Tab. 12B); Západočeské muzeum v Plzni.

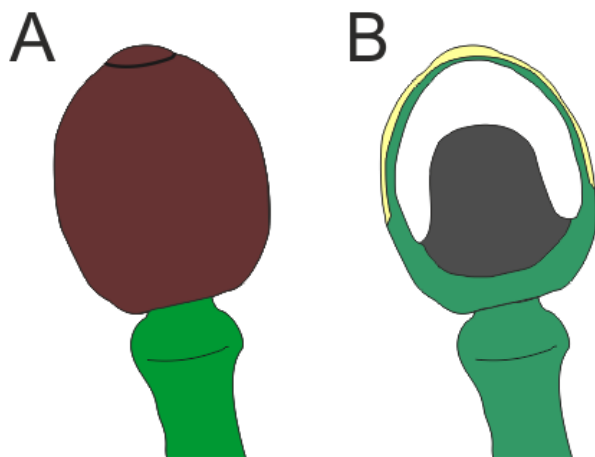
Tichavekia grandis je nepochybně zástupcem již pokročilejší svrchnosilurské flóry. Oproti ostatním silurským rostlinám *Tichavekia* disponuje velkým vzrůstem. Vzpřímený růst této poměrně velké rostliny na souši by nemohl být udržován pouze turgorem a osová část rostliny by tedy musely být opatřeny mechanickými pletivy, případně je potřeba usuzovat o jejím vodním habitatu. Tmavší linie organické hmoty místy naznačené ve středu některých os (Tab. 12C – a, b; 14C – b) by však mohly představovat průběh cévního svazku, což by podporovalo předpoklad o přítomnosti mechanického, zde konkrétně fascikulárního, pletiva. Růst v suchozemském prostředí by mohlo naznačovat také konvexní zakřivení os, způsobené zatížením větvenými částmi. Výjimečná je zároveň celistvost a zdánlivá pevnost zachovaných os, které ve svém průběhu nevykazují žádné ohyby či zkroucení. Mezi měřitelnými úhly větvení není patrný markantní rozdíl (60°–78°), což nasvědčuje o pravidelném a konstantním stavebním plánu rostliny. Délka os je ve srovnání s jinými silurskými rody rovněž nadprůměrná (2,9–70,8 mm). Až na dvě výjimky se délka dichotomií proximo-distálně zkracuje přibližně o polovinu. Nejkratší dichotomie představuje podle všeho jeden z diagnostických znaků, který nebyl

u jiných druhů silurských rostlin dosud pozorován. Dle nadprůměrné šířce os (0,8–1,7 mm) lze taktéž usuzovat o již složitější vnitřní stavbě. U všech os je patrná tendence jejich zužování od báze směrem k distální části.

Velikost sporangií (šířka 2,2–3 mm, výška 1,6–2 mm) v porovnání s jinými silurskými rostlinami je také značně větší než u většiny obdobných rostlin. Jinak u ostatních silurských rostlin obvyklý kulovitý tvar sporangií odlišuje značně rozšířená báze a mírné zúžení do apexu. Okrajový lem, který je viditelný u všech sporangií, je oproti většině plochy sporangia tvořen výrazně světlejší organickou hmotou a patrně byl tvořen méně odolným typem pletiva. Lem by mohl představovat epidermis na povrchu sporangia. Tomu by odpovídala i naměřená šířka těchto lemů pohybující se od 0,2 do 0,3 mm. Místy absence organické hmoty uvnitř sporangií značí podobnou nehomogenitu i v jejich stavbě. Absence organické hmoty ve svrchní hemisféře sporangií S2, S13 a S15 poukazuje v tomto místě na výskyt pravděpodobně méně rezistentního pletiva. Ostatní sporangia se jeví jako svým apexem mírně nakloněna do sedimentu a tento znak by pak nemusel být u nich patrný. Apikálně stlačená jsou zachovaná pouze dvě sporangia S1 a S3 (Tab. 14B), u nichž je absence organické hmoty viditelná v jejich středu, naznačující patrně dutý vnitřek, který by mohl představovat spórový vak či prostor původně vyplněný méně odolným sporogenním pletivem. Sporangium S3 zároveň uvnitř tohoto předpokládaného dutého prostoru vykazuje plnou kruhovitou strukturu (Tab. 14D – b, E – b) tvořenou zbytky organické hmoty, která svým charakterem a středovým umístěním připomíná kolumelu uvnitř tobolky dnešních mechů. Čočkovitá struktura viditelná na apexu sporangia S2 (Tab. 14J – b) by pak mohla představovat krytí vyústění kolumelly, tvořené u dnešních mechů membránovitou strukturou (epifragmou) či pravděpodobněji víčkem (operkulem). Všem výše zmíněným znakům ve stavbě sporangia by nejvíce odpovídal mechům třídy Sphagnopsida (rašeliníky). Vzhled a vnitřní stavbu sporangia zástupce mechu rodu *Sphagnum* k porovnání zobrazuje Obr. 8AB.

Rostlina svou anomální velikostí 130 mm výrazně překonává jiné rostliny svrchnosilurských společenstev, včetně plavuně rodu *Baragwanathia*. Svým dichotomickým větvením, holými osami a přítomností terminálních sporangií se však shoduje s běžně se v siluru vyskytujícími rhyniophytoidními rostlinami. Naopak se liší především svou celkovou výškou, kulovitými sporangii s rozšířenou bází a přítomností okrajového lemu u sporangií. Svou šířkou os je nadprůměrná a překonává většinu běžných drobných rhyniophytoidů v siluru. Svým maximálním osovým průměrem je k ní nejbližší druh *Cooksonia hemisphaerica*, popsáná Edwards (1979) z Freshwater East ve Walesu, a *Zosterophyllum qujingense*, popsáné

Hao et al. (2007) z provincie Yunnan v Číně. Tyto nálezy však *Tichavekia grandis* šířkou os dokonce mírně převyšuje.



Obr. 8. Nákres sporangia mechu rodu *Sphagnum*. A – celkový pohled, B – vnitřní struktura (na základě longitudálního řezu sporangiem v Ellis 2010), tmavě šedě vyznačena kolumela s bíle okolním spórovým vakem.

6.6 *Tichavekia grandis* (D–479)

Materiál: vzorek D–479 (Tab. 16A, B); coll. Národní muzeum

Vzorek představuje poněkud složitěji větvený rostlinný sporofyt. Některé osy nejsou zachovány, což značně komplikuje výslednou interpretaci. Ve srovnání s typovým materiálem *Tichavekia grandis* jsou veškeré parametry vzorku oproti typu nižší. Proporčně se osy rostliny jeví jako znatelně široké. Umístění terminálních sporangií by odpovídalo jejich napojení na nejkratší terminální ose, která je jednou z hlavních vlastností rodu *Tichavekia*, jejíž pouhý náznak je nejlépe pozorovatelný v distální části osy D1. Dalším charakteristickým znakem jsou kulovitá až oválná sporangií s okrajovým lemem, který je u tohoto vzorku nejlépe pozorovatelný v denaturovaném lihu (Tab. 16E šipka).

Zatímco osa D3 nese útvar, který v sobě skrývá patrně dvě sporangia, osa D4 na svém konci vykazuje pouze jedno, přičemž druhé se patrně nezachovalo. Výše nad touto skupinou

sporangii je naznačen objekt připomínající části dvou sporangii. Ty jsou umístěny patrně v nasedající horninové vrstvě výše a pravděpodobně původně představovaly další větvenou část zřejmě téže rostliny

Větev B2 se v distální části patrně dichotomicky dělí na větve C3 a C4. Z toho větev C3 zřejmě chybí a větev C4 se jeví jako ohnuta směrem do středu větvení. Z větve C4 dále pravděpodobně vychází osy D5 a D6, z nichž D5 je zakončena nejspíš velmi krátkou dichotomií se dvěma sporangii, mezi nimiž je hranice naznačena. Ze druhé větve F6 je zachována pouze její báze (Tab. 16D šipka).

Obrys distální části osy C8 je z obou stran překryt dvěma většími kulovitými útvary. To vzniklo pravděpodobně ohnutím navazujících větví D13 a D14, které na svých koncích zřejmě nesou krátké terminální dichotomie se sporangii. V obou shlucích předpokládaných sporangii jsou patrné kontury, pravděpodobně tvořící hranice mezi sporangii (16C – b). Šipka s označením „c“ ukazuje na přibližný střed vrcholu jednoho ze sporangii. Při bližším pozorování jak suchého reliéfu vzorku, tak ponořeného v denaturovaném lihu si lze povšimnou linií, které v mírném odstupu lemují okraje útvarů. Dobře rozlišitelná tmavá linie probíhá také středem osy C7 (Tab. 16C – a). Linie by mohly představovat průběhy vodivých svazků os, přičemž množství akumulované organiky v těchto místech patrně mohlo zvýšit potenciál k jejich zachování.

Rostlina disponuje vlastnostmi, díky kterým pravděpodobně mohla růst v suchozemském či přechodném prostředí. Pozůstatky tmavě zbarvené organické hmoty by mohly nasvědčovat o přítomnosti pevnějších rostlinných pletiv. Silné osy zároveň jeví potenciál jejich složitější vnitřní stavby. Světlé okrajové lemy sporangii, které jsou dobře pozorovatelné v denaturovaném lihu, by mohly představovat méně rezistentní epidermis, obklopující zřejmě odolnější pletiva předpokládaného spórového vaku. Vyjma typového materiálu a tohoto vzorku nebyl žádný podobný vzorek tohoto rostlinného druhu publikován.

Svémi srovnatelnými rozměry (šířky os, rozměry sporangii) se tento vzorek překonává rozměry typového materiálu *Tichavekia grandis*, což by mohlo být způsobeno pouze stářím původně žijících rostlin. Ve svých znacích však vykazuje charakteristiky (kulovitá sporangia s rozšířenou bází a celokrajový lem), které ji jednoznačně začleňují do rodu *Tichavekia*.

6.7 *Baragwanathia brevifolia*

Materiál: vzorek KR 1 (Tab. 2A, B); coll. Česká geologická služba

Baragwanathia je zástupcem již značně pokročilejší silurské flory s afinitou k plavuním. Na základě robustního vzhledu a způsobu zachování vrstvou výrazně tmavé organické hmoty, naznačující potenciální přítomnost pevnějších pletiv, by rostlina mohla představovat rostlinu cévnatou schopnou vzpřímeného růstu na souši. Podle Kraft & Kvaček (2017) však původní životní prostředí rostliny bylo pravděpodobně na okraji mělkého moře, kde rostla buď částečně či zcela ponořena v závislosti na přílivu a odlivu.

V porovnání s běžně v siluru se vyskytujícími rostlinami rhyniophytoidního typu se *Baragwanathia* svými znaky výrazně vymyká. Oproti starobylým typům s holými, dichotomicky větvenými osami vykazuje tato rostlina naopak mikrofylně olistěné di- až trichotomicky větvené osy. Svou nebývalou šířkou os, 1,6–3,7* mm, šířky ostatních silurských rostlin výrazně přesahuje. Tenké mikrofyly mohou vyrůstat pravděpodobně skupinově radiálně kolem osy, přičemž báze jednotlivých skupin mikrofylů jsou patrně od bází těch následujících vzdáleny 0,8–2,4 mm. Mezi skupinami se pak pravděpodobně vyskytují holé či téměř holé segmenty. Tyto holé segmenty se směrem k distální části postupně zmenšují, přičemž apikální části os jsou tvořeny zdánlivými trsy mikrofylů.

Rod *Baragwanathia* se běžně v rostlinných společenstvech vyskytuje od spodního devonu (např. Hueber 1983, Hao & Gensel 2001) a tento vzorek představuje výjimečný výskyt zástupce tohoto rodu. Přesto, vyjma typového materiálu *Baragwanathia brevifolia* nebyl publikován jiný nález tohoto druhu.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření přehledu svrchnosilurských rostlin Barrandienu, představovaných sedmi již publikovanými nálezy makrofosílií. Jmenovitě se jedná o rostliny rodu *Aberlemnia*, *Baragwanathia*, *Fusiformithea*, *Tichavekia* a v této práci nově popsany rod *Tenanthosella* s typovým druhem *Tenanthosella obrhelii*. Tyto nálezy byly revidovány a systematicky zařazeny. V diskusní části jsou vzorky jednotlivě interpretovány a morfologicky i velikostně srovnány s jinými celosvětovými společenstvy rostlin obdobného stáří.

Práce byla zaměřena primárně na obecnou morfologii popisovaných rostlinných vzorků a k tomuto účelu bylo využito nedestruktivních pozorovacích metod, zejména binokulárního mikroskopu. Větší detaily především vnitřních struktur sporangií by mohly být lépe pozorovatelné v nízkém vakuu v SEM. Další přínosnou metodou pro určení přesného složení sedimentu a případné vulkanické příměsi by představovaly výbrusy hornin ze vzorků. Metodou macerace by se zároveň mohlo docílit zjištění případných spór či vodivých elementů. Tato metoda má však destruktivní charakter a odebrání více vzorků vzhledem k jedinečnosti především typového materiálu *Tichavekia grandis* by nebylo možné.

Přínosem práce jsou především detailní morfologické popisy, které pomohly lépe pochopit charakter těchto rostlin a životní podmínky pro jejich růst. V kombinaci s případnými budoucími anatomickými daty a potenciálními dalšími vzorky těchto druhů může práce přispět k poznání jejich fungování a rekonstrukci prostředí, ve kterém žily.

Pro pokračování této práce jsou zásadní další průzkumy lomu Kosov za účelem sběru dalšího materiálu včetně vzorků určených k maceraci spór. V ideálním případě by neměla chybět snaha o propojení makro a mikrofosilního záznamu. Jednu z hlavních částí by představovalo detailní studium podmínek sedimentace, především projevy v sedimentaci bazálního přídolského eventu a navazujícího transgresního pulsu. To v kombinaci se studiem doby existence a plošného rozsahu vynořených vulkanických ostrovů, které byly pro život těchto rostlin zásadní.

8 Literatura

BODZIOCH, A., KOZLOWSKI, W. & POPLAWSKA, A. 2003. A *Cooksonia*-type flora from the Upper Silurian of the Holy Cross Mountains, Poland. *Acta Paleontologica Polonica*. 48 (4), 653–656.

BOWMAN, J.L. 2013. Walkabout on the long branches of plant evolution. *Current Opinion in Plant Biology*, 16 (1), 70 – 77.

BOYCE, C.K. 2008. How green was *Cooksonia*? The importance of size in understanding the early evolution of physiology in the vascular plant lineage. *Paleobiology* 34, 179–194.

CHLUPÁČ, I. 1998. The knowledge development of the Barrandian Palaeozoic, 8–12. In Chlupáč, I., Havlíček, V., Kříž, J., Kukal, Z., Štorch, P. (eds) *Palaeozoic of the Barrandian: Cambrian to Devonian*. Česká geologická služba, Praha.

CHLUPÁČ, I., HAVLÍČEK, V., KŘÍŽ, J., KUKAL, Z. & ŠTORCH, P. 1998. Palaeozoic of the Barrandian: Cambrian to Devonian. 183 pp., Česká geologická služba, Praha.

CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J. & STRÁNÍK, Z. 2011. *Geologická minulost České Republiky*, 2. vydání. 436 pp. Academia, Praha.

CHONG-YANG, C., YA-WEI, D. & EDWARDS, D. 1993. New observations on a Pridoli plant assemblage from north Xinjiang, northwest China, with comments on its evolutionary and palaeogeographical significance. *Geological Magazine* 130, 155–170.

COOKSON, I.C. 1935. On Plant-Remains from the Silurian of Victoria, Australia, that Extend and Connect Floras Hitherto Described. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 225 (521), 127–148.

COOPER, E.D., HENWOOD, M.J. & BROWN, E.A., 2012. Are the liverworts really that old? Cretaceous origins and Cenozoic diversifications in Lepidoziaceae reflect a recurrent theme in liverwort evolution. *Biol. J. Linn. Soc.* 107 (2), 425–441.

DELWICHE, C.F. & COOPER, E.D. 2015. The evolutionary origin of a terrestrial flora. *Current Biology*. 25 (19), 899–910.

- DONOGHUE, M.J. 2005. Key innovations, convergence, and success: macroevolutionary lessons from plant phylogeny. *Paleobiology*, 31 (2), 77–93.
- EDWARDS, D. 1970. Fertile Rhyniophytina from the Lower Devonian of Britain. *Palaeontology* 13, 451–61.
- EDWARDS, D. 1979. A Late Silurian flora from the Lower Old Red Sandstones of south–west Dyfed. *Palaeontology*. 22, 23–52.
- EDWARDS, D. 1990. Constraints on Silurian and Early Devonian phytogeographic analysis based on megafossils, 233–242. In McKerrow, W., S., Scotese, C., R. (eds) *Palaeozoic palaeogeography and biogeography*. *Geol. Soc. Lond. Mem* 12.
- EDWARDS, D., 1993. Cells and tissues in the vegetative sporophytes of early land plants. *New Phytol.*, 125, 225–247.
- EDWARDS, D. & KENRICK, P. 2015. The early evolution of land plants, from fossils to genomics: a commentary on Lang (1937) ‘on the plant–remains from the Downtonian of England and Wales’. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 370, 1–12.
- EDWARDS, D. & RICHARDSON, J.B. 1974. Lower Devonian (Dittonian) plants from the Welsh Borderland. *Palaeontology* 17, 311–324.
- EDWARDS, D. & ROGERSON, E.C.W. 1979. New records of fertile Rhyniophytina from the late Silurian of Wales. *Geological Magazine* 116 (2), 93–98.
- EDWARDS, D., DAVIES, K.L. & AXE, L. 1992. A vascular conducting strand in the early land plant *Cooksonia*. *Nature*. 357, 683–685.
- EDWARDS, D. 2003. Xylem in early tracheophytes. *Plant, Cell and Environment* 26, 57–72.
- EDWARDS, D., MORRIS, J.L., RICHARDSON, J., B. & KENRICK, P. 2014. Cryptospores and cryptophytes reveal hidden diversity in early land floras. *New Phytologist* 202, 50–78.
- FANNING, U., EDWARDS, D. & RICHARDSON, J.B. 1990. Further evidence for diversity in late Silurian land vegetation. *Journal of the Geological Society* 147 (4), 725–728.
- FINET, C., TIMME, R.E., DELWICHE, C.F. & MARLÉTAZ, F. 2010. Multigene phylogeny of the green lineage reveals the origin and diversification of land plants. *Curr. Biol.* 20, 1–6.
- GERRIENNE, P., BERGAMASCHI, S., PEREIRA, E., RODRIGUES, M.–A., C. & STEEMANS, P. 2001. An Early Devonian flora, including *Cooksonia*, from the Parana` Basin (Brazil). *Rev. Palaeobot. Palynol.* 116, 19–38.

- GERRIENNE, P., SERVAIS, T. & VECOLI, M. 2016. Plant evolution and terrestrialization during Palaeozoic times: The phylogenetic context. *Rev. Paleobot. Palynol.* 227, 4–18.
- GONEZ, P. & GERRIENNE, P. 2010. A New Definition and a Lectotypification of the Genus *Cooksonia* Lang 1937. *International Journal of Plant Sciences* 171 (2), 199–215.
- GRAHAM, L., LEWIS, L.A., TAYLOR, W., WELLMAN, C., COOK, M. 2014. Early terrestrialization: transition from algal to bryophyte grade, 9–28. *In* Hanson, D., T., Rice, S., K. (eds) *Photosynthesis in Bryophytes and Early Land Plants*. Springer, Dordecht.
- HABGOOD, K. S., EDWARDS, D. & AXE, L. 2002. New perspectives on *Cooksonia* from the Lower Devonian of the Welsh Borderland. *Botanical Journal of the Linnean Society* 139, 339–359.
- HAO, S.G. & GENSEL, P.G. 2001. The Posongchong floral assemblages of Southeastern Yunnan, China: diversity and disparity in Early Devonian plant assemblages, 103–119. *In* Gensel, P., G., Edwards, D. (eds) *Plants invade the land: evolutionary and environmental perspectives*. Columbia University Press, New York.
- HAO, S.-G., XUE, J.-Z., LIU, Z.-F. & WANG, D.-M. 2007. *Zosterophyllum* Penhallow around the Silurian–Devonian boundary of Northeastern Yunnan, China. *International Journal of Plant Sciences* 168, 477–89.
- HUEBER, F.M. 1983. A new species of *Baragwanathia* from the Sextant Formation (Emsian) Northern Ontario, Canada. *Botanical Journal of the Linnean Society* 86, 57–79.
- HAVLÍČEK, V. 1981. Development of a linear sedimentary depression exemplified by the Prague Basin (Ordovician–Middle Devonian; Barrandian area – central Bohemia). *Sborník geologických věd, Geologie* 35, 7–48.
- HAVLÍČEK, V. 1982. Ordovician in Bohemia: development of the Prague Basin and its benthic communities. *Sborník geologických věd, Geologie* 37, 103–136.
- HAVLÍČEK, V. 1992. Pražská pánev, 56–116. *In* Chlupáč, I., Havlíček, V., Kříž, J., Kukal, Z., Štorch, P. (eds) *Paleozoikum Barrandienu (kambrium – devon)*. Vydavatelství Českého geologického ústavu, Praha.
- HAVLÍČEK, V. 1998. Silurian, 79–100. *In* Chlupáč, I., Havlíček, V., Kříž, J., Kukal, Z., Štorch, P. (eds) *Palaeozoic of the Barrandian: Cambrian to Devonian*. Česká geologická služba, Praha.
- HAVLÍČEK, I., HORNÝ, R., CHLUPÁČ, I., ŠNAJDR, M. 1958. *Průvodce ke geologickým exkursím do Barrandienu*. 156 pp. Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha.

- HORNÝ, R., 1955. Base vrstev kopaninských eß, na jihozápadním okraji vulkanické facie (Kosov u Berouna). *Věst. Ústř. Úst. geol.* 30, 81–86.
- KAROL, K.G., McCourt, R.M., Climino, M.T. & Delwiche, C.F. 2001. The closest living relatives of land plants. *Science*, 294, 2351–2353.
- KENRICK, P. & CRANE, P.R., 1991. Water-conducting cells in early fossil land plants: implications for the early evolution of tracheophytes. *Bot. Gaz.* 152 (3), 335–356.
- KENRICK, P., EDWARDS, D. & DALES & R.C. 1991. Novel ultrastructure in waterconducting cells of the Lower Devonian plant *Sennicaulis hippocrepiformis*. *Palaeontology* 34, 751–766.
- KENRICK, P. & P.R. CRANE. 1997. *The Origin and Early Diversification of Land Plants: A Cladistic Study*. 441 pp. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- KENRICK, P., WELLMAN, C.H., Schneider, H. & Edgecombe G.D. 2012. A timeline for terrestrialization: consequences for the carbon cycle in the Palaeozoic. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 367, 519–536.
- KOTYK, E.M., BASINGER, F.J., GENSEL, G.P. & DE FREITAS, A.T. 2002. Morphologically Complex Plant Macrofossils from the Late Silurian of Arctic Canada. *American Journal of Botany* 89, 1004–1013.
- KRAFT, P., PŠENIČKA, J., SAKALA, J. & FRÝDA, J. 2018. Initial plant diversification and dispersal event in upper Silurian of the Prague Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 514, 144–155.
- KRAFT, P. & KVAČEK, Z. 2017. Where the lycophytes come from? – A piece of the story from the Silurian of peri-Gondwana. *Gondwana Research* 45, 180–190.
- KŘÍŽ, J. 1975. Revision of the Lower Silurian stratigraphy in Central Bohemia. *Věst. Ústř. Úst. geol.* 50, 275–283.
- KŘÍŽ, J. 1992a. *Silurian Field Excursions. Prague Basin (Barrandian)*, Bohemia, 111 pp. Geological Series No. 13, National Museum of Wales, Cardiff, 111 s.
- KŘÍŽ, J. 1992b. Silur, 117–147. In Chlupáč, I., Havlíček, V., Kříž, J., Kukal, Z. & Štorch, P. (eds) *Paleozoikum Barrandienu (kambrium – devon)*. Vydavatelství Českého geologického ústavu, Praha.
- KŘÍŽ, J. 1998. Silurian, 79–100. In Chlupáč, I., Havlíček, V., Kříž, J., Kukal, Z., Štorch, P. (eds) *Palaeozoic of the Barrandian: Cambrian to Devonian*. Česká geologická služba, Praha.

KŘÍŽ, J., Jaeger, H., Paris, F. & Schönlaub H.–P. 1986. Přídolí – the Fourth Subdivision of the Silurian. – *Jb. Geol. Bundesanst.*, 129 (2), 291–360.

KUMPERA, O. & VAŠÍČEK, Z. 1988. *Základy historické geologie a paleontologie*, 1. vyd. 565 pp. SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha.

LANG, W. 1937. On the Plant-Remains from the Downtonian of England and Wales. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 227, 245–291.

LANG, W.H. & COOKSON, I.C. 1935. On a Flora, Including Vascular Land Plants, Associated with Monograptus, in Rocks of Silurian Age, from Victoria, Australia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 224, 421–449.

LEWIS, L.A. & MCCOURT, R.M. 2004. Green algae and the origin of land plants. *Americal Journal of Botany* 91, 1535–1556.

LIBERTÍN, M., LABUŤA, R. & DAŠKOVÁ, J. 2003. Nález nejstarších cévnatých rostlin v Českém masívu. *Zprávy o geologických výzkumech*. 36, 127.

LIBERTÍN, M., KVAČEK, J., BEK, J., ŽÁRSKÝ V. & ŠTORCH, P. 2018. Sporophytes of polysporangiate land plants from the early Silurian period may have been photosynthetically autonomous. *Nature Plants* 4, 269–271.

MELICHAR, R. 2004 Tectonics of the Prague Synform: a hundred years of scientific discussion, *Krystalinikum*, 30, 167–187.

PENHALLOW, D.P. 1892. Additional notes on Devonian plants from Scotland. *Can. Rec. Sci.* 5, 1–13.

PRANTL, F. & PŘIBYL, A. 1948. Revision of the Bohemian Silurian Eurypterida. *Rozpravy Státního Geologického Ústavu Československé Republiky, Praha*, 10, 1–116.

OBRHEL, J. 1962. Die Flora der Přídolí-Schichten (Budňany–Stufe) des mittelböhmisches Silurs. *Geologie: Zeitschrift für das gesamtgebiet der Geologie und Mineralogie sowie der angewandten Geophysik*. 83–92.

QIU, Y–L. 2008. Phylogeny and evolution of charophytic algae and land plants. *Journal of Systematics and Evolution*, 46, 287–306.

RICHARDSON, J.B., FORD, J.H. & PARKER, F. 1984. Miospores, correlation and age of some Scottish Lower Old Red Sandstone sediments from the Strathmore region (Fife and Angus). *J. Micropalaeontol.* 3, 109–124.

- SALOMON, M.A., GERRIENNE, P., STEEMANS, P., GORZELAK, P., FILIPIAK, P., LE HÉRISSÉ, A., PARIS, F., CASCALES-MIÑANA, B., BRACHANIEC, T., MISZ-KENNAN, M., NIEDŹWIEDZKI, R. & TRELA, W. 2018. Putative Late Ordovician land plants. *New Phytologist*. 1–5.
- SCOTT, A.C. & GLASSPOOL, I.J. 2006. The diversification of Paleozoic fire systems and fluctuations in atmospheric oxygen concentration. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103, 10861–10865.
- SCHWEITZER, H.–J. 1980. Die Gattungen *Renalia* Gensel und *Psilophyton* Dawson im Unterdevon des Rheinlandes. *Bonner palaeobotanische Mitteilungen* 6, 1–34.
- STEEMANS, P. & WELLMAN, C.H. 2003. Miospores and the emergence of land plants, 361–368. *In*: Webby, B.D., Droser, M.L. & Percival, I., G. (eds) *The Great Ordovician Biodiversity Event*. New York: Columbia University Press.
- STEEMANS, P., HÉRISSÉ, LE A., MELVIN, J., MILLER, M.A., PARIS, F., VERNIERS, J. & WELLMAN, C. 2009. Origin and radiation of the earliest vascular land plants. *Science* 324, 353.
- STEEMANS, P., PETUS, E., BREUER, P., MAULLER-MENDLOWICZ, P. & GERRIENNE, P. 2012. Palaeozoic innovations in the micro and megafossil plant record: from the earliest plant spores to the earliest seeds, 437–477. *In* Talent, A., J. (eds) *Earth and Life – Global Biodiversity, Extinction Intervals and Biogeographic Perturbations Through Time*. International Year of Planet Earth. Springer.
- STROTHER, P.K., 1991. A classification scheme for the cryptospores. *Palynology* 15, 219–236.
- STROTHER, P.,K. & BECK, J. 2000. Spore-like microfossils from Middle Cambrian strata: expanding the meaning of the term cryptospore, 413–424. *In* Harley, M., M., Morton, C., M., Blackmore, S. (eds) *Pollen and spores: morphology and biology*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- STROTHER, P. K., AI-HAJRI, S. & TRAVERSE, A. 1996. New evidence for land plants from the lower Middle Ordovician of Saudi Arabia. *Geology*. 24, 55–59.
- TAYLOR, W.A., 2009. Laminae in palynomorph walls from the Middle Cambrian–Early Devonian. *Review of Palaeobotany and Palynology* 156, 7–13.
- TAYLOR, W. A., STROTHER, P. K. 2008. Ultrastructure of some Cambrian palynomorphs from the Bright Angel Shale, Arizona, USA. *Rev Palaeobot PalynoII*. 51, 41–50.

- TAYLOR, E., L., KRINGS, M. & TAYLOR, T., N. 2009. *Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants*. 1230 pp. Academic, London.
- TIMME, R.E., BACHVAROFF, T.R. & DELWICHE, C.F. 2012. Broad phylogenomic sampling and the sister lineage of land plants. *PLoS One* 7 (1), 1–8.
- TRAVERSE, A. 2007. Paleopalynology, second edition, 1–813. *In*: Landman, N.H. & Jones, D.S (eds) *Topics in geobiology*. Springer Publishing.
- TURMEL, M., POMBERT, J-F., CHARLEBOIS, P., OTIS, C. & LEMIEUX, C. 2007. The green algal ancestry of land plants as revealed by the chloroplast genome. *Int. J. Plant. Sci.*, 168, 679–689.
- VANDERPOORTEN, A. & GOFFINET, B. 2009. *Introduction to Bryophyte Biology*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 303 s.
- VAVRDOVÁ, M. 1984. Some plant microfossils of possible terrestrial origin from the Ordovician of Central Bohemia. *Věst. Ústř. Úst. geol.* 59 (3), 165–170.
- VOKÁČ, V., HARTL, F. & PAVLOVIČ, M. 2019. *Trilobiti v lomu Kosov u Berouna: Barrandien, pražská pánev, Česká republika*. 52 pp. Tiskárna Král, Plzeň.
- WELLMAN, C., EDWARDS, D. & AXE, L. 1998. Permanent dyads in sporangia and spore masses from the Lower Devonian of the Welsh Borderland. *Botanical Journal of the Linnean Society* 127, 117–147.
- WELLMAN, C.H., OSTERLOFF P.L. & MOHIUDDIN U. 2003. Fragments of the earliest land plants. *Nature*. 425, 282–285.
- WELLMAN, C., STEEMANS, P. & VECOLI, M. 2013. Paleophytogeography of Ordovician–Silurian land plants, 461–476. *In* Harper, D.T. & Servais T. (eds), *Early Palaeozoic Biogeography and Palaeogeography*, Geological Society of London.
- WICKETT, N.J., MIRARAB, S.N., NGUYEN, T., WARNOW, E., CARPENTER, N., MATASCI, S., AYYAMPALAYAM, S., BARKER, M.S., BURLEIGH, J.G., GITZENDANNER, M.A., et al. 2014. Phylotranscriptomic analysis of the origin and early diversification of land plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 111, 4859–4868.
- WODNIOK, S., BRINKMANN, H., GLÖCKNER, G., HEIDEL, A., J., PHILLIPPE, H., MELKONIAN, M. & BECKER, B., 2011. Origin of land plants: do conjugating green algae hold the key? *BMC Evol Biol* 11, 104–111.
- XUE, J.Z. & WANG, Q., 2011. *Fusiformitheca*, a new name for Fusitheca Wellman, Edwards et Axe, 1998, non Bonorden, 1864. *Palaeoworld*. 20 (1), 98.

ZHONG, B., FONG, R., COLLINS, L.J., MCLENACHAN, P.A. & PENNY, D. 2014. Two new fern chloroplasts and decelerated evolution linked to the long generation time in tree ferns. *Genome Biol. Evol.* 6 (5), 1166–1173.

Elektronické zdroje

ELLIS, S. 2010. Class Sphagnopsida. University of British Columbia. [online]. [cit. 2019–08– 9], http://blogs.ubc.ca/biology321/?page_id=54

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1

Srovnávací tabulka hlavních znaků svrchnosilurských rostlin Barrandienu. Modře jsou vyznačeny nejnižší hodnoty šířek os a šířek a výšek sporangií, červeně jsou stejným způsobem vyznačeny hodnoty nevyšší. Rozměry jsou uvedeny v milimetrech.

PŘÍLOHA 2

Rozměry druhů *Aberlemnia* sp. (A), *Aberlemnia bohémica* (B), *Baragwanathia brevifolia* (C), *?Fusiformitheca* sp. (D) a *Tenanthosella obrhelii* (E). Modře jsou vyznačeny nejnižší hodnoty šířek os a šířek a výšek sporangií, červeně jsou stejným způsobem vyznačeny hodnoty nevyšší. Rozměry jsou uvedeny v milimetrech.

PŘÍLOHA 3

Kresby *Tichavekia grandis* pomocí metody camera lucida. Kresby představují výsledné sloučení holotypu a isotypu. A, označení os a bodů větvení. Zde jsou osy označeny abecedně velkým písmenem (eg. A – osa hlavní tvořící první úroveň) či velkým písmenem s číslem v horním indexu (eg. B1 – větev druhé úrovně, první v pořadí zleva po směru hodinových ručiček), kde písmeno značí úroveň větvení a číslo vyjadřuje pořadí dané větve v rámci rostliny zleva dle směru hodinových ručiček. Body větvení jsou naopak značeny pomocí čísla (eg. 1 – první dichotomie, první úroveň větvení) či čísla s malým písmenem (eg. 2a – druhá úroveň větvení, první v pořadí zleva dle směru hodinových ručiček), kde číslo zastupuje úroveň dané dichotomie a malé písmeno značí její pořadí na rostlině po směru hodinových ručiček. Červenou konturou jsou zvýrazněny terminální části Tp1, Tp2 a Tp3, které jsou detailněji označeny na Tab. 13B (Tp2), 14B (Tp1) a 15B (Tp3). B, označení úhlů větvení. Značeno $\alpha - \varepsilon$. Pro úhly $\gamma - \varepsilon$ jsou užita pouze čísla. Legenda je zobrazena v levém dolním rohu. Obě měřítka 2 mm.

PŘÍLOHA 4

Délky os typového materiálu *Tichavekia grandis*. Zobrazeny jsou pouze úrovně větvení os. A, průměrná délka os levé části rostliny (Příloha 3B – L). B, délky os pravé části rostliny (Příloha 3B – R). Zahrnuty jsou pouze kompletně zachované osy. Označení os rostliny zobrazuje Příloha 3A.

PŘÍLOHA 5

Rozměry druhu *Tichavekia grandis*. A – rozměry typového materiálu, B – rozměry vzorku D–479 (coll. Národní muzeum). Horní tabulky zobrazují rozměry os, spodní tabulky pro rozměry sporangií. Modře jsou vyznačeny nejnižší hodnoty šířek os a šířek a výšek sporangií, červeně jsou stejným způsobem vyznačeny hodnoty nevyšší. Rozměry jsou uvedeny v milimetrech.

PŘÍLOHA 6

Srovnávací tabulka hlavních znaků svrchnosilurských rostlinných společenstev Číny, Polska a Velké Británie. Modře jsou vyznačeny nejnižší hodnoty šířek os a šířek a výšek sporangií, červeně jsou stejným způsobem vyznačeny hodnoty nevyšší. Rozměry jsou uvedeny v milimetrech. Podtržené hodnoty jsou na základě vlastního měření z fotografií vzorků v daných publikacích. Vysvětlivky ke značkám: ± chybí informace, = nelze určit, – není/nejsou.

PŘÍLOHA 7

Srovnávací grafy parametrů svrchnosilurských společenstev rostlin Číny, Polska, Velké Británie a České republiky. A – srovnání průměrných šířek os. B, srovnání průměrných šířek sporangií. C – srovnání průměrných výšek sporangií. Jednotlivá společenstva dle lokalit jsou oddělena červenými liniemi. Rozměry jsou uvedeny v milimetrech

PŘÍLOHA 1

Srovnávací tabulka hlavních znaků svrchnosilurských rostlin Barrandienu. Rozměry uvedeny v mm.

Druh	Max velikost rostlin/ fragmentů	Osy				Sporangia					
		Šířka	Pod sporangiem/ přechod	Větvení/ rozšíření pod v.	Jiné znaky	Tvar	Šířka	Výška	Uspořádání na ose	Dehiscence viditelná	Jiné znaky
<i>Aberlennia</i> sp.	24	0,4–1,1	výrazné rozšíření/ znatelný	D/ mírné	místy nepravidelnost okrajů	oválné*, horizontálně protažené	1,7	1	T	Ano	laterálně zploštělé*
<i>Aberlennia bohemica</i>	35	0,3–1,7*	výrazné rozšíření/ výrazný	D/ výrazné	bohatě větvena, místy nepravidelnost okrajů	oválná, horizontálně protažená	1,2–1,5	0,6–0,8	T	Ano	laterálně zploštělá*
<i>Baragvanathia brevifolia</i>	> 94	1,6–3,7*	–	D–Tr/ mírné	mikrofyly, nepatrné zužování, nepravidelné větvení						
? <i>Fusiformitheca</i> sp.	24,7	0,5–0,9*	nepatrné rozšíření/ plynulý	D/ mírné	–						
<i>Tenanthosella obrhelii</i>	70	0,3–1,1	=	D/ mírné	v distální č. ohyb kolem sporangia*	kulatá	0,8–0,9	0,8–0,9	T	Ano*	plochý apex zvlněný lem, středový otvor, laminy aj. struktury
<i>Tichavekia grandis</i> (typový materiál)	130	0,8–1,7	mírné rozšíření/ znatelný	D/ mírné	úzká báze, široká distální část	kulovitá	2,2–3	1,6–2	T	Ano*	rozšířená báze, postupné zúžení do apexu, lem
<i>Tichavekia grandis</i> (NM D–479)	13	0,4–1,5*	mírné rozšíření/ znatelný	D/ mírné	–	kulovitá	0,9–1	0,5–0,8	T	Ne	rozšířená báze, lem

D dichotomické větvení – není/nejsou

Tr trichotomické větvení * sporné

T terminální

PŘÍLOHA 2

A
Aberlmenia sp.

Osa	Délka	Šířka
A	15,0	1– 1,1
B1	9,6	0,7–0,8*
B2	7,3	0,8
C1	3,4	0,4
C2–C4	–	–

Sporangium	Šířka	Výška
S1	1,7	1

C
Baragwanathia brevifolia

Osa	Délka	Šířka
A	20*	3,7*
B1	5,9*	2,2
B2	65,0	1,6
B3	62,0	1,6
C1	> 58,0	1,9
C2	22,4	1,7
D1	20,1*	1,7
D2	47,0	1,6
E1	–	–
E2	> 21	±

E
Tenanthosella obrhelii

Osa	Délka	Min šířka	Max šířka
A	29,0*	±	±
B1	14,3	0,8	1,1
B2	> 16,0	0,8*	1,0*
C1	20,5	0,8	1,0
C2	16,8	0,9	1,1
C3	4,3*	0,8	0,8
D1	6,8	0,4	0,5
D2	7,1*	0,5*	0,8*
D3	14,5	0,5	0,9
D4	> 6,6	0,7	0,8
D5	4,5*	0,6*	0,7*
E1	4,8	0,3	0,5
E2	5,2	0,3	0,4
E3	5,2*	0,5*	0,5*
E4	5,6	0,4	0,5
E5	±	0,5*	0,5*
E6	±	0,4*	0,4*
F1	1,2	0,4	0,8
F2	1,0*	0,4*	0,6*
F3	1,5*	0,3*	
F4	4,7*	0,3–0,4*	
F5	4,6*	0,3–0,4*	

B
Aberlemnia bohemica

Osy	
Max délka	Šířka
15	0,3–1,7

Sporangia	
Šířka	Délka
1,2–1,5	0,6–0,8

D
?Fusiformithecina sp.

Osa	Délka	Šířka
A	6,5	0,8
B1	> 12,3	0,9*
B2	11,5	0,9–1
C1	5,0	0,9
C2	> 2,7	±
D1	1,5	0,5*
D2	–	–

Sporangium	Šířka	Výška
S1	1,1	3,5

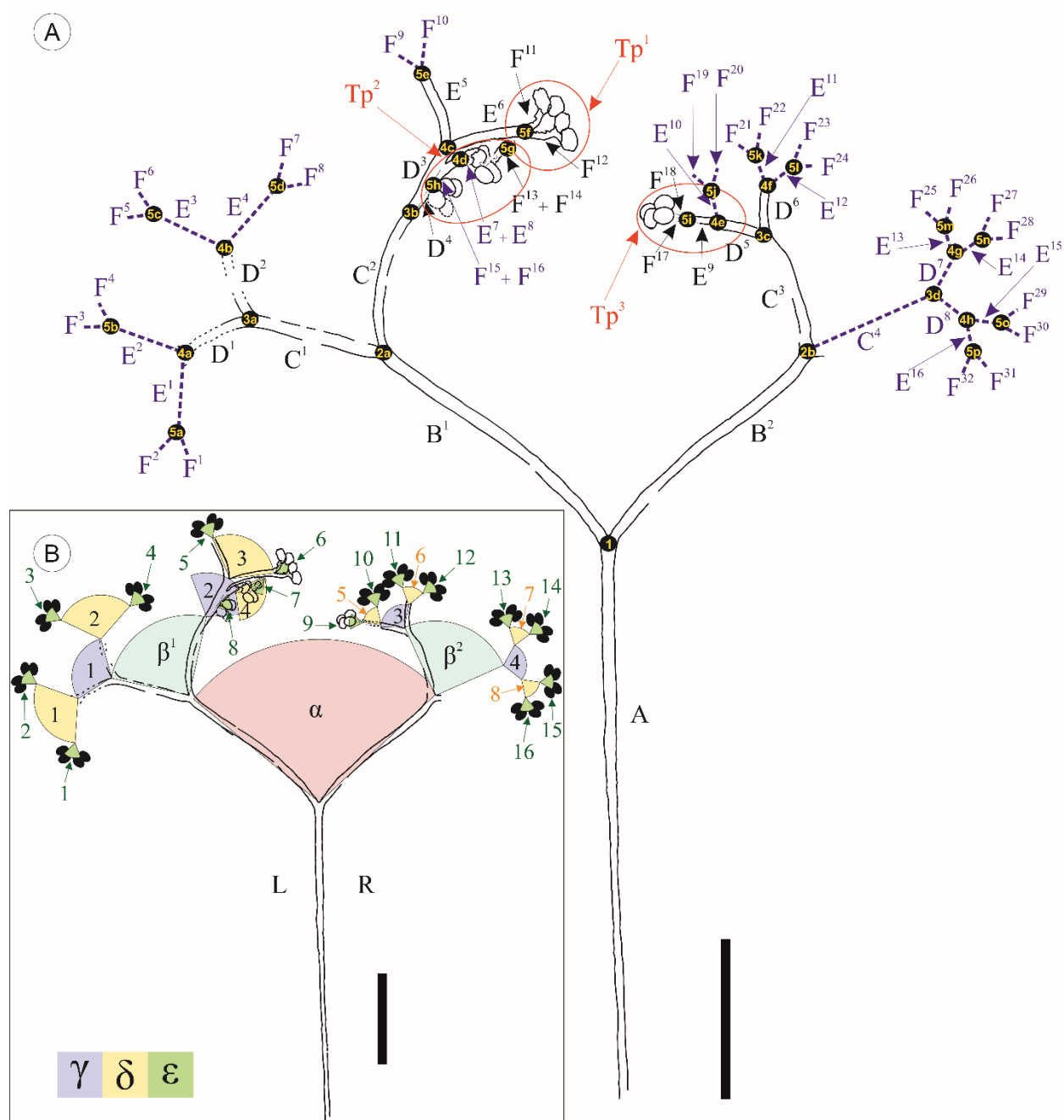
Sporangium	Průměr
S1	–
S2	–
S3	0,8
S4	–
S5	0,9
S6	0,8

* s otazníkem

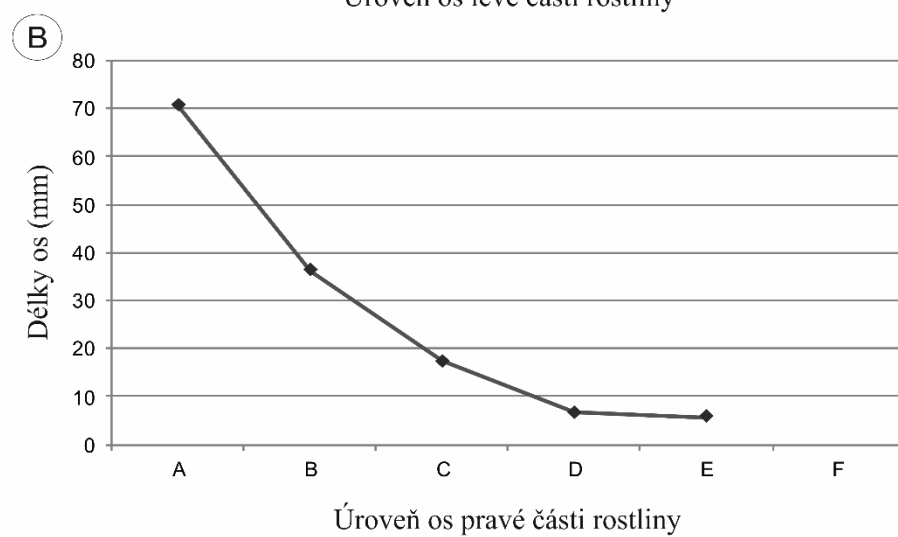
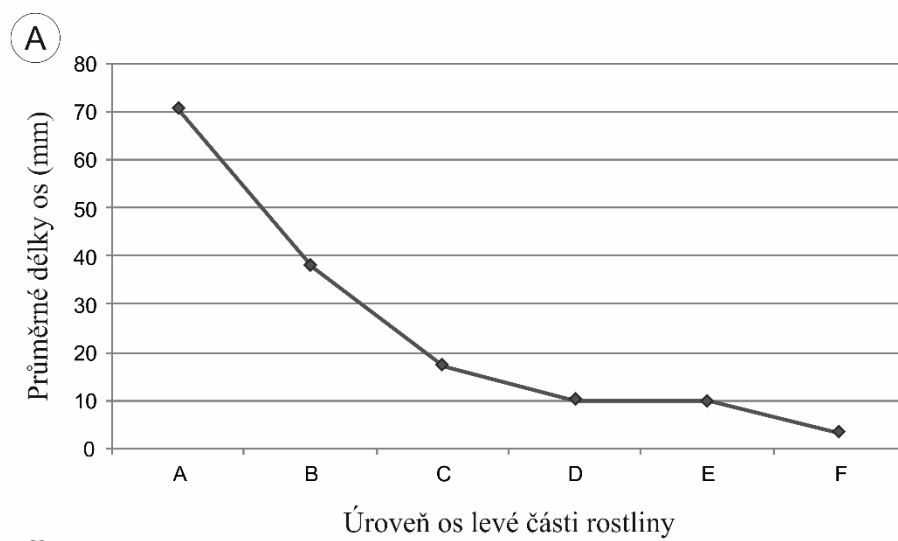
– chybí

± špatné zachování

PŘÍLOHA 3



PŘÍLOHA 4



PŘÍLOHA 5

A *Tichavekia grandis* (typový materiál)

Osa	Délka	Min šířka	Max šířka
A	70,8	1,0	1,7
B1	38,0	1,4	1,6
B2	36,3	1,3	1,7
C1	18,6	1,2	1,3
C2	16,2	1,1	1,3
C3	17,5	1,3	1,5
C4	–	–	–
D1	9,3	1,1	1,2
D2	> 7,3	1,1	–
D3	11,0*	±	1,4
D4	10,4*	1,1	±
D5	6,9*	1,2	1,3
D6	–	1,0	1,4
E5	> 10,4	1,1	1,2
E6	10,0	1,2	1,3
E7	–	–	–
E8	–	–	–
E9	5,8*	0,8*	0,8*
F11	2,9	0,8	0,9
F12	3,7	0,9	1
F13	> 2,7	±	±
F14	> 2,3	±	±
F15	–	–	–
F16	–	–	–
F17	±	±	±
F18	±	±	±

Sporangium	Šířka	Výška
S1	3,0	1,7
S2	2,6	1,6
S3	2,4	1,8
S4	2,8	2,0
S5	2,6	1,6
S6	2,4	1,8
S7	2,3	> 0,7
S8	2,4	> 1,4
S9	> 2,2	> 0,8
S10	> 2,2	> 0,8
S11	±	±
S12	±	±
S13	2,5	> 1,5
S14	2,3	> 1,5
S15	2,3	> 1,1
S16	2,2	> 0,6

B *Tichavekia grandis* (NM D-479)

Osa	Délka	Šířka
A1	–	–
A2	2,8*	1,5*
B1	5,8*	0,9*
B2	9,3*	0,9
B3	–	–
B4	7,8*	±
C1	2,4	0,5
C2	–	–
C3	–	–
C4	±	±
C5	–	–
C6	–	–
C7	> 1,9	0,5*
C8	2,5*	0,4
D1	1,4*	±
D2	1,4*	±
D3	–	–
D4	–	–
D5	±	±
D6–D12	–	–
D13	> 1,3*	±
D14	> 1,3*	±
Xa	2,4	0,4*
Xb	6,8*	0,4*

Sporangium	Šířka	Výška
S1	1,0	0,5
S2	0,9	0,5
S3	±	±
S4	0,9	0,6
S5	0,9*	0,7*
S6	1,0*	0,8
S7	–	–
S8	0,9	0,7*
S9	–	–
S10	1,0	0,5
S11–S14	±	±
SX	1,0	0,8

* s otazníkem

– chybí

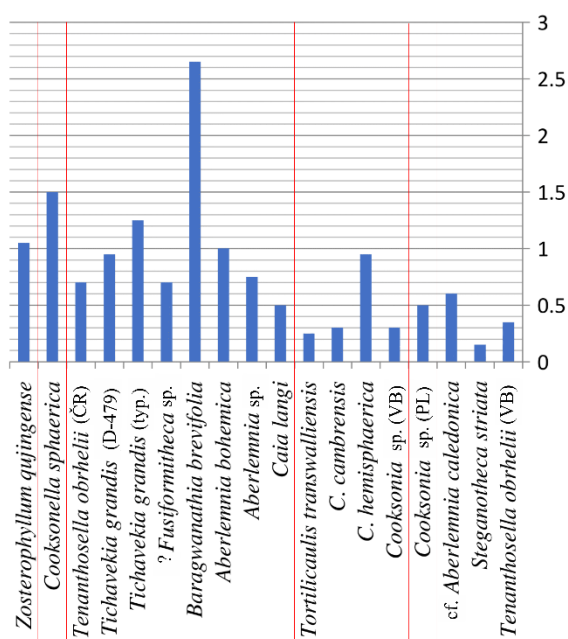
± špatné zachování

PŘÍLOHA 6

Druh	Lokalita	Max velikost rostlin/fragmentů	Osy			Sporangia					Odkaz		
			Šířka	Pod sporangiem/přechod	Větvění/rozsíření pod v.	Jiné znaky	Tvar	Šířka	Výška	Uspořádání na ose		Dehiscence viditelná	Jiné znaky
<i>Tenanthosella obrhelii</i>	Velká Británie	17	0,3–0,4	=	D/ mírné	v distální č. ohnuty kolem sporangia	kulatá, oválná	1,2	0,9	T	Ne	některá s plochým apexem	Edwards Rogerson 1979
<i>Steganotheca striata</i>		4,4	<u>0,3</u>	mírné rozsíření/plynulý	D/ nepatrné	často zkroucené	vertikálně protažená	0,5–4,4	1–3,7	T	Ne	striace plochá čočka v apexu	
cf. <i>Aberlemnia caledonica</i>		> <u>2,4</u>	0,3–0,9	značné rozsíření/výrazný	–	často zkroucené	kulovitá, laterálně zploštělá	<u>1,5</u>	<u>1</u>	T	Ano	okrajový lem, vnitřní kulovitý útvar	
<i>Cooksonia</i> sp.		Polsko	> 6,6	0,4–0,6	zúžení/výrazný	D/ mírné	–	kulovitá	2	1,7	T	Ne	
<i>Cooksonia</i> sp.	Velká Británie	> 4	0,2–0,4	mírné rozsíření/znatelný	D	–	kulovitá, oválná	0,4–1,8	0,3–1,3	T	Ne	–	Edwards 1979
<i>C. hemisphaerica</i>		±	0,3–1,6	nepatrné rozsíření/téměř plynulý	D/ mírné	silné	kulatá	<u>0,3</u> –1,7	<u>0,2*</u> –1	T	Ne	–	
<i>C. cambrensis</i>		±	<u>0,1</u> –0,5	mírné rozsíření/výrazný	D/ mírné	–	kulovitá, oválná	0,4–1,8	0,3–1,3	T	Ne	apikálně zploštělá a propadá s lemem	
<i>Tortilcaulis transwalliensis</i>		> 10	<u>0,1</u> –0,4	mírné rozsíření/plynulý	–	silné, často zkroucené	vertikálně protažená	0,4–1,3	1,1–3,9	T	Ne	fusiformní	
<i>Caia langii</i>	Velká Británie	5,9	0,2–0,8	mírné rozsíření/plynulý	D/ ±	–	vertikálně protažená	0,6–1,3	1,4–3,1	T	Ne	plochý apex s výběžky	Fanning et al. 1990
<i>Cooksonella sphaerica</i>	Čína	65	<u>0,5</u> – <u>2,5</u>	mírné rozsíření/výrazný	P/ mírné	vláskovité enace	kulovitá, laterálně zploštělá	<u>2,8</u> – <u>5</u>	2–3,8	T	Ne*	lem, místy výběžky	Chong–Yang et al. 1993
<i>Zosterophyllum qujingense</i>	Čína	53	0,7–1,4	–	D/ mírné	poléhavé osy tvaru H/K	klinovitá, laterálně zploštělá	3,1–4,7	2,5– <u>4,5</u>	L radiálně	Ano	bázi prodloužená či krátké osy	Hao et al. 2007

PŘÍLOHA 7

A



B



C



OBRAZOVÉ TABULE

TABULE 1

A–D – *Aberlemnia* sp. (vzorek D–477 – otisk; coll. Národní muzeum). A – sporangium. Šipka ukazuje na počátek dehiscenční linie mezi dvěma chlopněmi. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 1 mm. B – Část osy B2 s množstvím paralelních rýh. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 1 mm. C – kresba rostliny s označením os. Modře značené osy nejsou zachovány. Měřítka 2 mm. D – celkový pohled na vzorek. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 2 mm. E–F – ?*Fusiformitheca* sp. (vzorek WBM F21762). Měřítka 5 mm. E – kresba rostliny s označením os. F – celkový pohled na vzorek.

TABULE 2

A–B – *Baragwanathia brevifolia* (vzorek KR1; coll. Česká geologická služba). Měřítka 10 mm. A – kresba rostliny s označením os. B – celkový pohled na vzorek. Fotografováno v denaturovaném lihu. C–D – *Aberlemnia bohemica*, C – otisk (JE–Sch0260A; coll. Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm) a D – protiotisk (JE–Sch0260B; coll. Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm). Obě měřítka 10 mm.

TABULE 3

***Tenanthosella obrhelii* (vzorek D–475, coll. Národní muzeum) v celkovém pohledu.** Měřítka 10 mm. A – kresba rostliny s označením os. Osy jsou označeny abecedně velkým písmenem (eg. A – osa hlavní tvořící první úroveň) či velkým písmenem s číslem v horním indexu (eg. B1 – větev druhé úrovně, první v pořadí zleva po směru hodinových ručiček), kde písmeno značí úroveň větvení a číslo vyjadřuje pořadí dané větve v rámci rostliny zleva dle směru hodinových ručiček. Červenou konturou jsou označeny terminální části Tp1 a Tp2. Ty jsou následně detailněji vyobrazeny na Tab. 6A, B (Tp1) a 7A, B, D, G (Tp2). Velká červená písmena po stranách kresby značí levou (L) a pravou část (R), užitá pro přehlednost jejich popisu. Modré, zelené a oranžové přerušované linie značí potenciální chybějící osy s naznačenými potenciálními sporangii v terminálních částech. B – celkový pohled na vzorek. Červené kontury značí otisky v okolí terminálních částí Tp1 a Tp2. Bílé přerušované linie

představují téměř paralelní roviny, ve kterých jsou některé osy (D1 a D3, C1 a C3) zlomené. Fotografováno v denaturovaném lihu.

TABULE 4

Části os *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D–475, coll. Národní muzeum). Všechna měřítka 1 mm. A – bazální části hlavní osy A. Výrazný pruh organické hmoty (a1). Pokračování výše zmíněného pruhu (a2). Viditelná část druhého pásu organické hmoty (b). Fotografováno v denaturovaném lihu. B – bazální část hlavní osy A. Místo přerušení osy ichnostopou (a). Místo stáčení ichnostopy (b). C – detail místa přerušení ichnostopou na ose hlavní A. Kulovité útvary ve stopě patrně představují odpočinková místa. D – detail báze osy hlavní A. Fotografováno v denaturovaném lihu. Výrazný pruh organické hmoty (a1). Fotografováno v denaturovaném lihu. E – místo dichotomického větvení hlavní osy A (zprava). Výrazný zlom protínající osu B1 (vlevo) způsobuje její zdánlivé rozšíření. Fotografováno v denaturovaném lihu. F – místo ohybu osy C3. Fotografováno v denaturovaném lihu. G – místo předpokládaného dichotomického dělení osy B2 (vpravo) na větev C3 (vlevo) a chybějící větev C4. Absence části osy C3 (a1) a osy B2 (a2) způsobena pravděpodobným požíráním osy původcem ichnostopy. Fotografováno v denaturovaném lihu. H – detail distální části osy B2 s chybějícím předpokládaným místem větvení, jehož absence je pravděpodobně způsobena ichnostopou. a1 předpokládaná ichnostopa s patrnými výběžky. Absence okraje osy B2 (a2) způsobena pravděpodobně okusem jejím požíráním původcem stopy. I – distální část osy D3 s náznakem větvení na konci. Fotografováno v denaturovaném lihu. J – rozpolcené místo dichotomického větvení osy C1 (zprava) na osy D1 (dole) a D2 (nahore). Fotografováno v denaturovaném lihu. Výběžky vycházející z báze částečně odtržené levé větve D1 (a1, a2), patrné místo nalomení osy D1 (b), náznak jemné organické linie (c) představující původní úroveň vrcholu větvení před částečným odtržením levé větve D1. Místo výrazného ohybu (d) osy D2 s přetočením kolem její středové roviny o 180°. Náznak organické linie (e) osy D2 vycházející z místa ohybu. K – zakončení os D4 (odspodu) a D5 (zprava). Linie povrchové oxidace (a) naznačující pravděpodobný průběh chybějící osy D6. Místo potenciálního bodu větvení (b) na osy D5 a chybějící osu D6. Fotografováno v denaturovaném lihu.

TABULE 5

Osové a terminální části *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D–475; coll. Národní muzeum). A – distální část osy E4 zakončená sporangiem S6. Šipka ukazuje vystoupilý poloměsíčitý reliéf.

Měřítka 0,5 mm. B – pohled na terminální část Tp1. Náznak organické hmoty (a) představující pravděpodobný průběh osy E2. Místa přetočení (b1, b2) osy E1. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 1 mm. C – místo křížení os E3 (vlevo dole) a E4 (vpravo dole) s osou D3 (nahore, kolmo na výše zmíněné osy E3 a E4). Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm. D – bazální část osy D4. Šipka ukazuje vystouplou liniovou strukturu. Měřítka 1 mm. E – konec osy F2 s ichnostoupou Cruziana. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm. F – distální část osy E2 s pravděpodobným místem větvení a ichnostoupou Cruziana. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm. G – místo ohybu osy D3. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm. H – místo větvení osy B1 na osy C1 a C2. Šipka ukazuje akumulaci organické hmoty srdcového tvaru. Fotografováno v denaturovaném lihu. I – místo dělení osy C2 na větve D3 a D4. Šipka ukazuje akumulaci organické hmoty elipsovité protaženého tvaru. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm.

TABULE 6

A–B terminální část Tp1 *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D–475; coll. Národní muzeum). A – celkový pohled. Místo ohybu (a) osy E1. Distální konec osy F1 s patrně vpadlou apikální částí (b). Ichnostopa Cruziana (c) vedoucí přes distální konec osy F2. Náznak báze chybějící osy F4 (d). Ichnostopa Cruziana (e) vedoucí přes předpokládané místo větvení osy E2. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 1 mm. B – kresba terminální části Tp1 s označením os a zachovaného sporangia. Měřítka 1 mm. C– E – otisky v blízkosti terminální části Tp1. C – otisky apikálních částí sporangií z terminální části Tp1 s povrchovou oxidací. Dva výrazné otisky (X, Y). Méně výrazné otisky (X1–X3). Téměř neznatelné kulovité jamky (Y1–Y3). Měřítka 1 mm. D – Pravděpodobný otisk osy F3 se sporangiem S3 (a) a nezachované osy F4 (b). Měřítka 0,5 mm. E – detail otisků apikálních částí sporangií terminální části Tp1. Dva výrazné otisky (X, Y). Méně výrazný otisk (X1). Měřítka 0,5 mm. F – Pravděpodobné otisky sporangií S5 (Q) a S6 (W) terminální části Tp2. Měřítka 1 mm. G – Reliéf sporangia S5 s předpokládaným středem (a) a okrajovým lemem (b). Měřítka 0,5 mm. H – Reliéf sporangia S6. Měřítka 0,5 mm. I – Otisky apikálních částí sporangií čtyřlístkového tvaru (a1, a2). Tmavá linie s povrchovou oxidací tvoří patrně stopu po trakci sporangia. Na konci linie patrný středový bod sporangia (b). Fotografováno v lihu. Měřítka 1 mm.

TABULE 7

Distální konce terminálních os nesoucí sporangia terminální části Tp2 *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D-475; coll. Národní muzeum). A–C – distální část osy E3 se sporangiem S5. Měřítka 0,5 mm. A – celkový pohled. Místo pravděpodobného ohybu (a) osy E3. Okolní světle zbarvená organická hmota (b). Lem distální části osy E3 obklopující sporangium S5. Fotografováno v denaturovaném lihu. B – kresba distální osy E3 a sporangia S5 (modře) s označením. Světle oranžově značen pravděpodobný povlak, ovinutý kolem osy a sporangia. C – celkový pohled. Šipka ukazuje na vrchol vedlejšího otisku sporangia S5. D–G – distální část osy E4 se sporangiem S6. D – celkový pohled. Vnitřní lalokovitá struktura (a). Výčnělek (b) jedné z tmavě zbarvených lamel. Pravděpodobný vrcholový lem (c) distální části osy E4. Akumulace světle zbarvené organické hmoty (d). Tmavá kontura (e) představující předpokládaný pravý okraj distální části osy E4. Jeden z množství drobných tmavých bodů (f) světle zbarvené povlékové struktury. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm. E – detail části výše zmíněné povlékové struktury. Detail stejného výše zmíněného tmavého bodu (f). Předpokládaná báze (h) ohnuté liniové struktury. Tmavý bod (g) na konci zmíněné liniové struktury. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 60 µm. F – detail středu sporangia S6. Drobný kulatý útvar (a) vprostřed lalokovitě členěné struktury. Okraj jednoho z laloků (b) zmíněné struktury. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 60 µm. G – kresba distální části osy E4 se sporangiem S6 (modře). Světle oranžově značen pravděpodobný povlak, ovinutý kolem osy a sporangia. Měřítka 0,5 mm.

TABULE 8

Detaily sporangia S6 terminální části Tp2 *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D-475; coll. Národní muzeum). Měřítka 0,5 mm. A–B – fotografováno v lihu. A – neupraveno. B – červeně vyznačené listovité struktury. C–D – suchý reliéf. A – neupraveno. B – červeně vyznačené listovité struktury.

TABULE 9

Detaily sporangia S6 terminální části Tp2 *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D-475; coll. Národní muzeum). A – detail sporangia S6. Šipky ukazují výčnělky dvou z několika tmavých lamin, vedoucích radiálně ze střední části sporangia. Fotografováno v lihu. Měřítka 0,5 mm. B – detail sporangia S6. Různobarevné značení představuje předpokládaný průběh jednotlivých lamin. Růžově je označena středová lalokovitě členěná struktura se středovým bodem.

Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm. C – detail střední části sporangia. Zbytky pravděpodobného pletiva (a), které tvoří původně tvořilo bázi laminy. Na bázi pravděpodobně ulomená lamina (b). Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 120 μ m. D – detail střední části sporangia s barevným vyznačením předpokládaného průběhu lamin. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 120 μ m. E – detail sporangia s šedým a bílým vyznačením předpokládaného uspořádání lamin. Laminy jsou rozděleny do čtyř segmentů podle čtyřlístkové struktury nejlépe zachovaného otisku jednoho ze sporangií na Tab. 10C, D. Označení lamin (a1–d2) vyplývá na základě rozčlenění do jednotlivých segmentů po předpokládaných dvojicích dichotomicky větvených lamin, tvořící celkem čtyři distální konce. Červené kontury značí obrys, který sporangia zachovala v kontaktu se sedimentem při větším tlaku. Modré kontury značí naopak otisk sporangií po jemnějším kontaktu se sedimentem. Velikosti otisků jsou odhadované a nemusí být velikostně odpovídající ke sporangiu S6. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 0,5 mm.

TABULE 10

Otisky pravděpodobných apikálních částí sporangií v blízkosti terminálních částí Tp1 a Tp2 *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D-475; coll. Národní muzeum). A–B – ve středu terminální část Tp2 (dichotomicky větvená část) v celkovém pohledu s okolními otisky, v levém dolním rohu otisky náležející terminální části Tp1. Vzhledem k velkému množství otisků jsou zvýrazněny pouze k rozlišení dostatečně výrazné otisky. Měřítka 1 mm. A – neupraveno. B – s vyznačenými otisky. Červené kontury značí otisky tvaru čtyřlístku. Žlutě jsou naznačeny centrální struktury, nerozlišitelné struktury pouze bodově. Duplikáty některých otisků jsou způsobeny patrně překryvem více otisků v jediném místě. C–D – nejlépe zachovaný čtyřlístkový otisk. Měřítka 0,5 mm. C – neupraveno. D – obrys otisku vyznačen plnou červenou konturou. Žluté kontury značí střed. E–F – přiblížený pohled na sporangium S6. Měřítka 0,5 mm. E – neupraveno. F – s vyznačením jednoho z několika výrazných otisků. Červeně je vyznačen obrys otisku, žlutě je vyznačen střed. G–H – přiblížený pohled na sporangium S5. Měřítka 0,5 mm. G – neupraveno. H – s vyznačením jednoho z několika lépe viditelných otisků. Červeně je vyznačen obrys otisku, žlutě je vyznačen střed. I–J – otisky v blízkosti sporangia S6. Měřítka 1 mm. I – neupraveno. J – s vyznačením obrysů otisků (červeně) a středů (žlutě). K–L – otisky v blízkosti terminální části Tp1. Měřítka 0,5 mm. K – neupraveno. L – s vyznačením obrysů otisků a středové křížové struktury červenou konturou. M–N – otisky na konci tmavé liniové stopy (v detailu na Tab. 6I) po pravděpodobné trakci jednoho ze

sporangií. Měřítka 0,5 mm. M – neupraveno. N – s vyznačením obrysu otisku a náznaku křížové struktury (červeně) a středu (žlutě).

TABULE 11

Terminální část Tp1 *Tenanthosella obrhelii* (vzorek D-475; coll. Národní muzeum). Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítka 1 mm. A – neupraveno. B – s modře vyznačenými obrysy jemných listovitých otisků, místy i středových částí.

TABULE 12

***Tichavekia grandis*.** A, celkový pohled na holotyp, WBM F21761b; B, celkový pohled na isotyp, WBM F21761a, šipka ukazuje záhadný kulatý povlak se skvrnitou texturou. Oba vzorky fotografovány v denaturovaném lihu. Měřítka 20 mm. C– E, části os isotypu, WBM F21761b. C, větvení hlavní osy. Linie organické hmoty vedoucí z distální části hlavní osy směrem k bázi levé větve B2 (a). Další linie organiky v bazální části pravé větve B1 (b). Měřítka 5 mm. D, větvení osy B2 (vpravo dole) a viditelné přerušení osy C3 (uprostřed), která se ve své distální části dále větví. Báze osy C4 (a). Fragment dendroidního graptolitu protínající osu D6 (b). Měřítka 5 mm. E, část osy E5 vykazující ve své bazální části neúplnost spodního okraje. Šipka označuje fragment dendroidního graptolita. Měřítka 2 mm. F – H, části os holotypu, WBM F21761b. Všechna měřítka 5 mm. F, větvení osy C1 na ne zcela zachovanou pravou větev a levou větev. G, předpokládaný bod větvení osy C2 (šipka). H, místo vstupu osy B1 do plochy záhadného kruhového povlaku skvrnité textury. Oba vzorky fotografovány v denaturovaném lihu.

TABULE 13

Terminální část Tp2 *Tichavekia grandis*. Všechna měřítka 2 mm. Kresby pomocí metody *camera lucida* se sloučením holotypu a isotypu *Tichavekia grandis* s označením os, bodů větvení a sporangií. B, totožná kresba s předchozí, doplněna o jednu z možných rekonstrukcí chybějící části. C, holotyp, WBM F21761b. Naznačená linie organické hmoty ukazující pravděpodobný průběh osy E7 (c). Objekt představující pravděpodobně dvě sporangia S9 a S10 (d). Objekt podobný předchozímu, sestávající se pravděpodobně ze dvou sporangií S11 a S12 (e). D, isotyp, WBM F21761a. Komplex kruhových struktur organické hmoty, který pravděpodobně představuje bod větvení 4d (a). Pravděpodobný fragment osy F14 (b).

Naznačený průběh osy E7 (c). Objekt představující pravděpodobně dvě sporangia S9 a S10 (d). Oba vzorky fotografovány v denaturovaném lihu.

TABULE 14

Terminální část Tp1 *Tichavekia grandis*. A, isotyp, WBM F21761a. Šipka ukazuje pruh organické hmoty, představující pravděpodobně část dendroidního graptolita, který protíná celou terminální část. Měřítka 2 mm. B, kresba metodou *camera lucida* terminální části isotypu s označením os, sporangií a bodu větvení. Měřítka 2 mm. C, holotyp WBM F21761b. Fragment dendroidního graptolita, který je zachován přibližně v místě potenciálního průběhu osy F11 (a). Linie organické hmoty uprostřed distální části osy F12 (b). Měřítka 2 mm. D, holotyp – detail sporangia S3. Kruhová struktura organické hmoty (a). Vnitřní kulovitý objekt vyplněn organickou hmotou (b). Měřítka 0,5 mm. E, isotyp – detail sporangia S3. Kruhová struktura organické hmoty (a). Vnitřní kulovitý objekt, vyplněný uhelnou hmotou (b). Konvexně zakřivený vrchol sporangia (d). Měřítka 0,5 mm. F, holotyp – detail sporangia S4. Okrajový lem sporangia (a). Měřítka 0,5 mm. G, isotyp – detail sporangia S4. Okrajový lem (a). Pravděpodobná hranice mezi sporangiem a koncovou osou (b). Měřítka 0,5 mm. H, isotyp – detail sporangia S1. Kruhová struktura organické hmoty (a). Vnitřní prostor bez organické hmoty (b). Okrajový lem sporangia (c). Konce nepatrné půlkruhové linie organické hmoty napojené na přibližné okraje vrcholového konvexního zakřivení (d₁, d₂). Měřítka 0,5 mm. I, holotyp – detail neúplného sporangia S2. Měřítka 0,5 mm. J, isotyp – detail sporangia S2. Linie organické hmoty vedoucí podél horního okraje sporangia k vrcholu (a). Tmavší část čočkovitého tvaru (b). Pravděpodobná hranice mezi sporangiem a koncovou osou (c). Měřítka 0,5 mm. Oba vzorky fotografovány v denaturovaném lihu.

TABULE 15

Terminální části Tp3 a Tp2 *Tichavekia grandis*. A – E, terminální část Tp3 *Tichavekia grandis*, isotyp, WBM F21761a. Všechna měřítka 1 mm. A, celkový pohled. Zúžené místo osy D5, které pravděpodobně představuje bod větvení 4e (a). Předpokládaný bod větvení 5i (b). Fragment dendroidního graptolita (c). B, kresba terminální části metodou *camera lucida* s označením os, bodů větvení a sporangií. C, detail zúžení, které patrně představuje bod větvení. D, detail sporangií S13 – S16. Okrajový lem sporangia S13 (a₁), S14 (a₂) a S16 (a₃). Absence organické hmoty v rámci svrchní hemisféry sporangia S14 (b₁) a S15 (b₂). Předpokládaná hranice mezi sporangii S15 a S16 (c). Zřetelně světlejší pruh organické hmoty v rámci

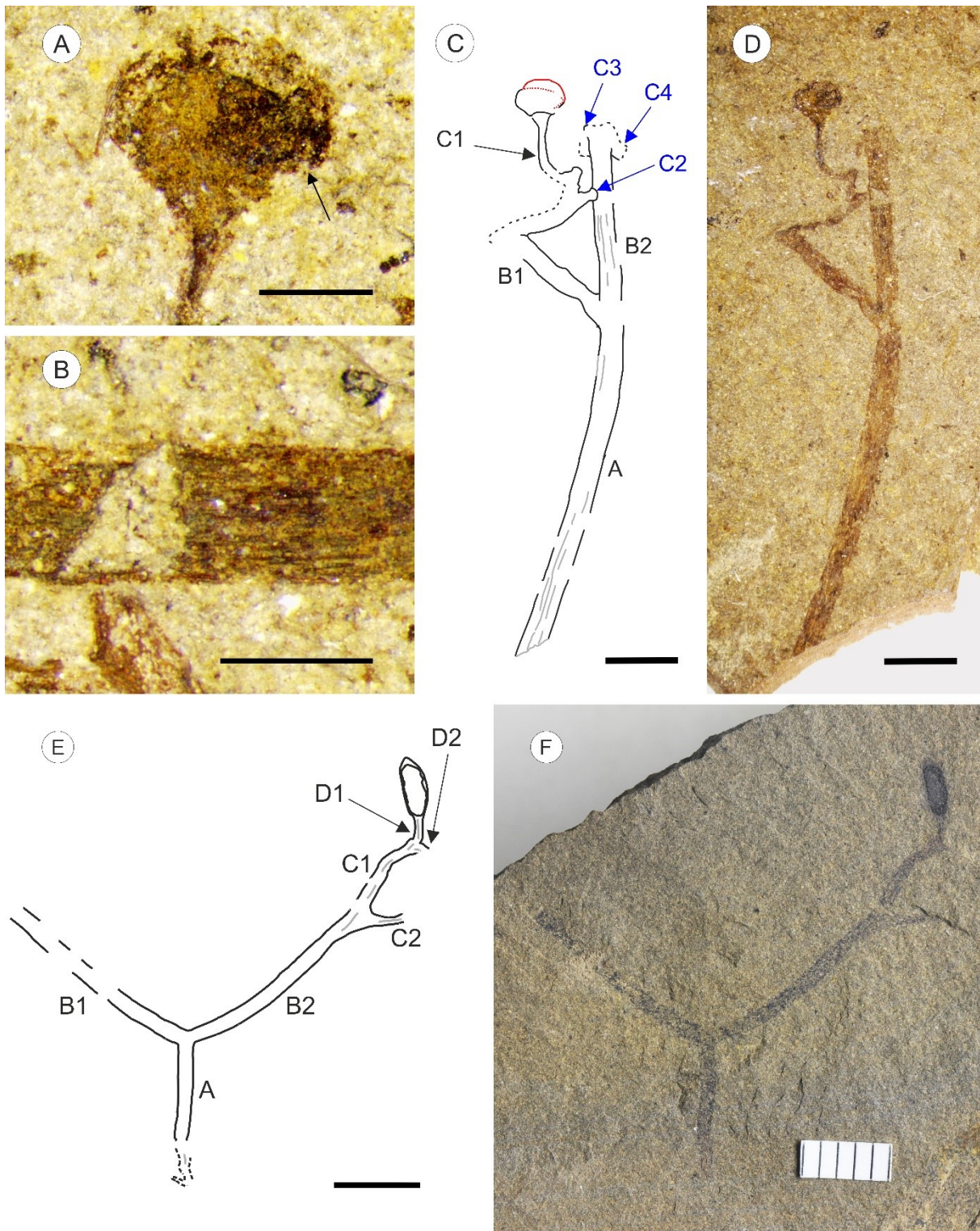
sporangia S13 (d). Dva protilehlé body eliptického okraje výplně sporangia S14, tvořící zřetelně ostřejší ohyby elipsy (e_1 , e_2). Shluk organické hmoty jako pravděpodobný fragment dendroidního graptolita (f). F – K, detaily terminální části Tp2 *Tichavekia grandis*. Všechna měřítka 1 mm. Označení viz Tab. 13A. F, isotyp (WBM F21761a) – detail objektu, který je pravděpodobně tvořen dvěma sporangii S9 a S10. Šipka ukazuje předpokládanou hranici mezi sporangii. G, holotyp (WBM F21761b) – detail dvou objektů připomínajících dva páry sporangii. Stejný objekt jako předchozí, pravděpodobně se sestávající ze dvou sporangii s naznačenou hranicí mezi nimi (a). Druhý objekt podobného typu, který taktéž pravděpodobně představuje dvě sporangia, avšak bez jednoznačně rozlišitelné hranice (b). H, isotyp (WBM F21761a) – komplex kruhových struktur na ose D4, představující předpokládaný bod větvení. Viditelné narušení diagonálně nahoru ze středu komplexu (a). Linie organické hmoty, pravděpodobně představující obrys fragmentu osy E8 (b_1). Pokračování zmíněného obrysu pravděpodobného fragmentu osy E8 (b_2). Linie organiky okrajově narušující komplex kruhových struktur (b_3). I, isotyp (WBM F21761a) – detail fragmentu sestávajícího z os F13 a F14 a nasedajících sporangii S5 – S8. Pravděpodobný bod větvení terminální dichotomie (a). Okrajový lem sporangia S8 (b_1) a S6 (b_2). Hranice mezi osami F13 a F14 (c). J, holotyp (WBM F21761b) – detail fragmentu tvořeného částmi os F13 a F14 a nasedajících sporangii S5 – S8. Pravděpodobné dichotomické větvení osy F13 na krátkou terminální dichotomii (a). Okrajový lem sporangia S8 (b). K, holotyp (WBM F21761b) – detail osy D4. Linie uhelné hmoty, která svým umístěním odpovídá linii na předchozí fotografii označené taktéž jako b_2 (b_2). Další nepatrné linie organické hmoty (b_1 , b_3). Oba vzorky fotografovány v denaturovaném lihu.

TABULE 16

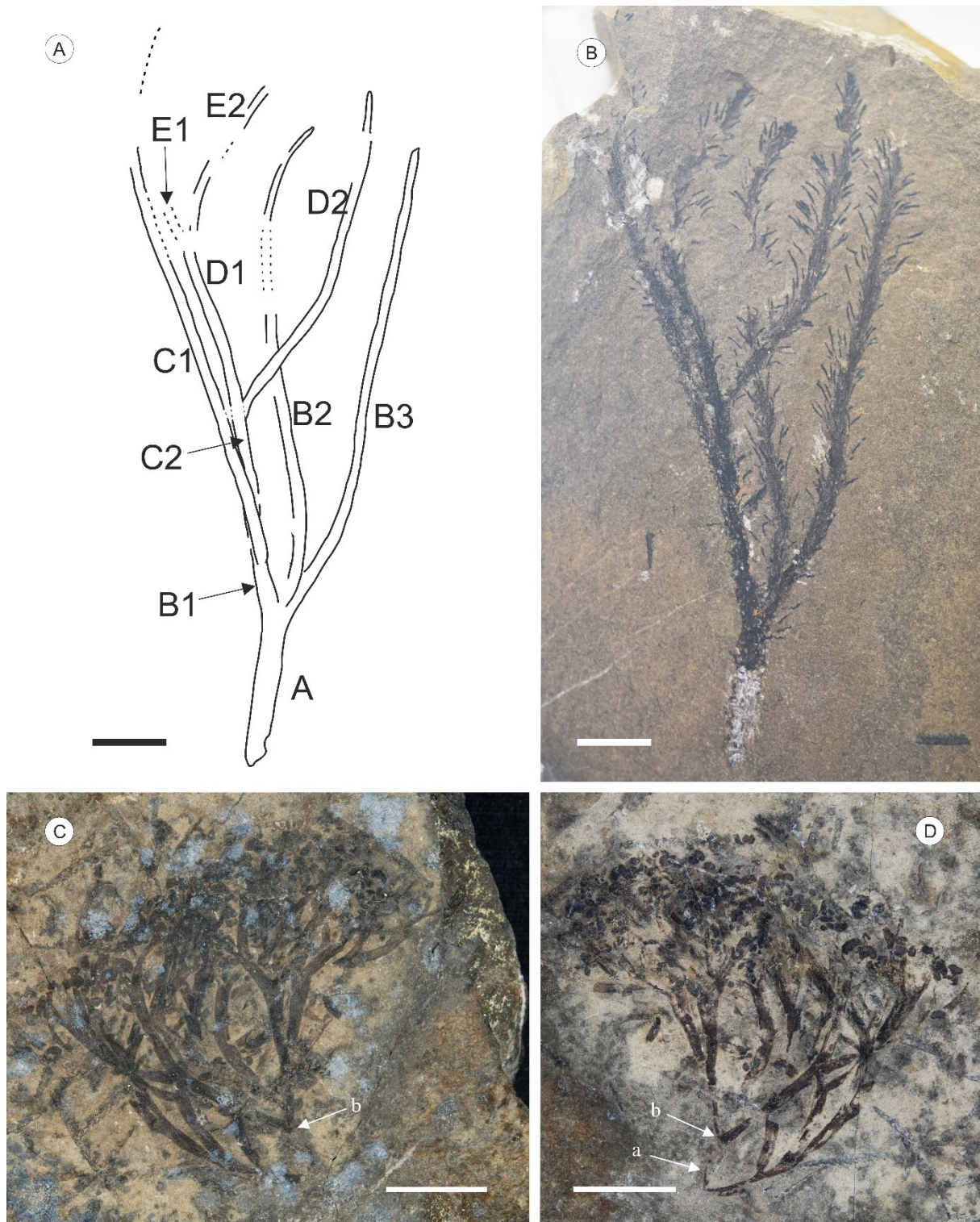
***Tichavekia grandis* (vzorek D–479; coll. Národní muzeum).** A – kresba rostliny s označením os. Modrou přerušovanou čarou jsou naznačeny potenciální chybějící osy. Měřítko 3 mm. B – vzorek v celkovém pohledu. Měřítko 3 mm. C – detail části osy C7 a celou osou C8 se dvěma útvary v distální části, představující patrně svinuté osy D13 a D14, každá s velmi krátkou terminální dichotomií po dvou sporangii (jeden útvar je tedy pravděpodobně tvořen dvěma sporangii). Tmavá linie organické hmoty (a) probíhající středem osy C7. Hranice mezi dvěma sporangii v útvaru (b). Přibližný střed vrcholu jednoho ze sporangii (c). Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítko 1 mm. D – distální část osy B2 s předpokládaným místem dělení na osy C3 (není zachována) a C4, která je pravděpodobně ohnuta a dělí se do větví D5 s terminálním sporangiem a D6, jejíž pravděpodobná báze je označena šipkou. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítko 1 mm. E – detail os D1 a D2 (vlevo), každá zakončena krátkou

dichotomií a párem terminálních sporangií. Vpravo je zachován necelý pár sporangií oddělené sousední osy D3. Šipka ukazuje na světle zbarvený okrajový lem sporangia. Fotografováno v denaturovaném lihu. Měřítko 1 mm.

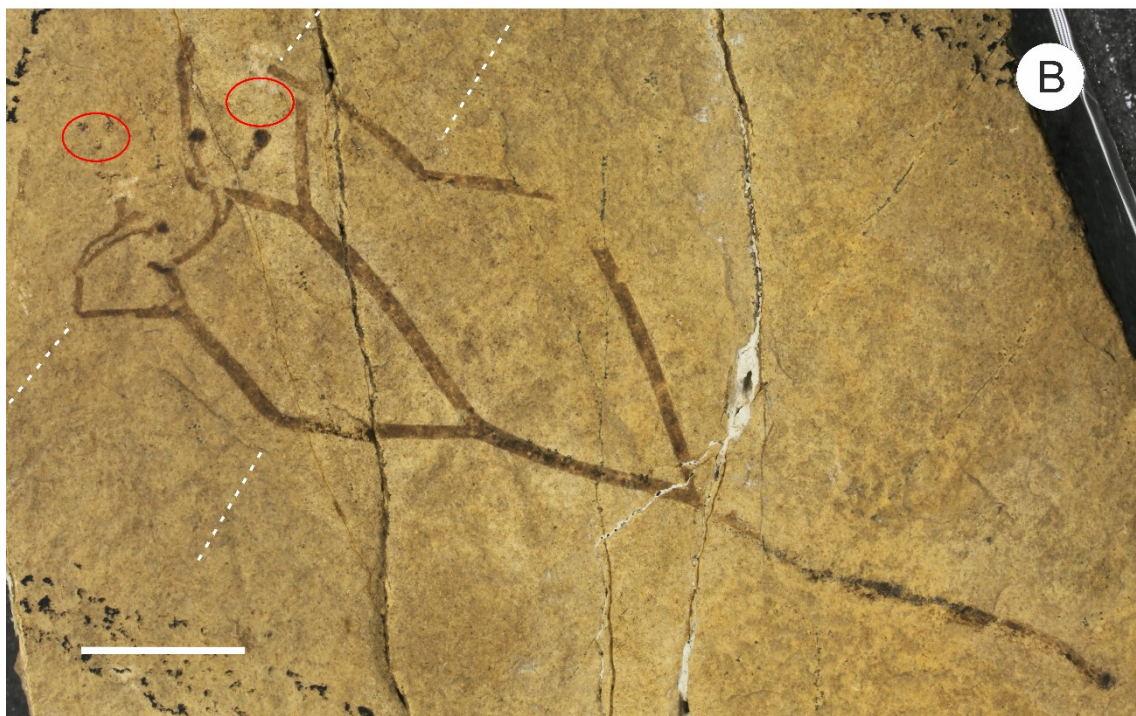
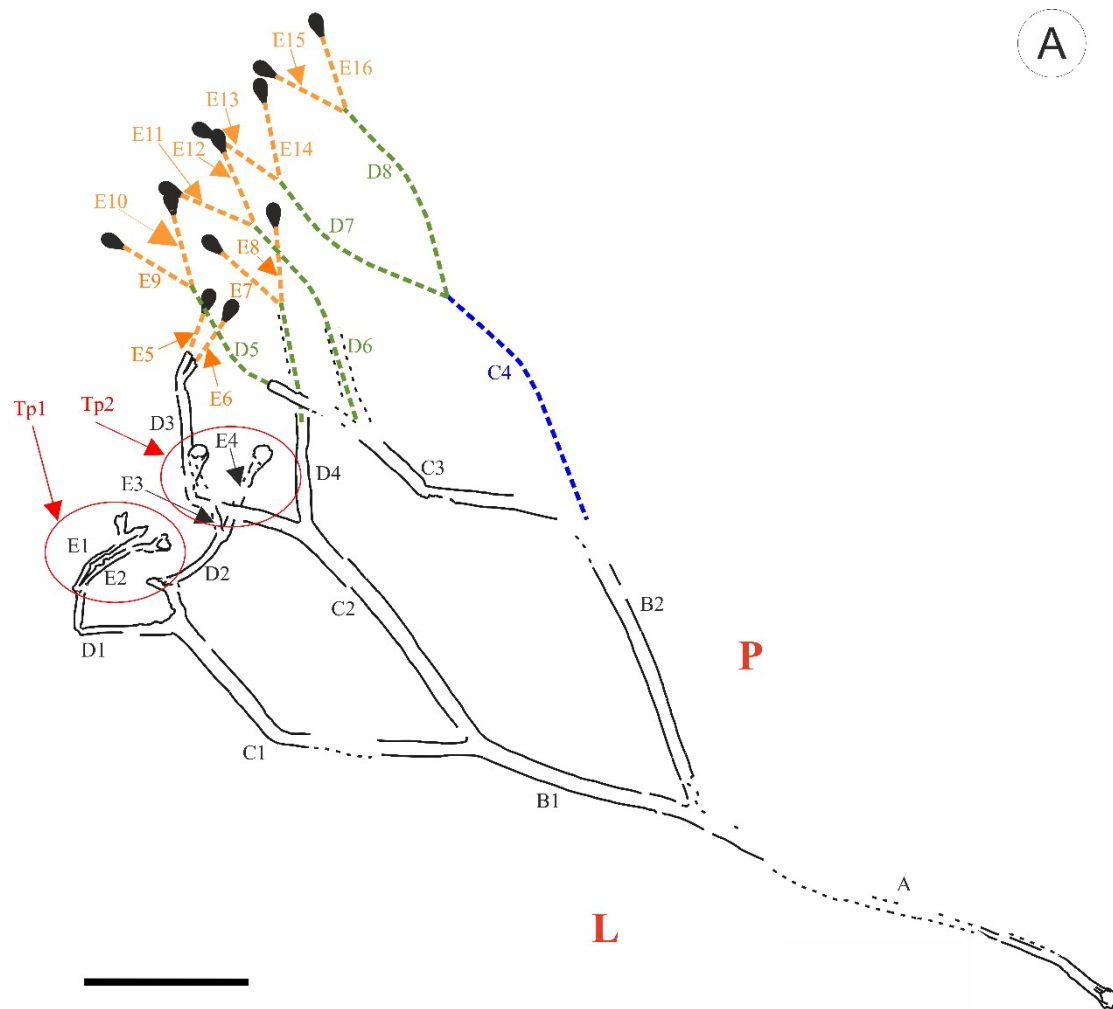
TABULE 1



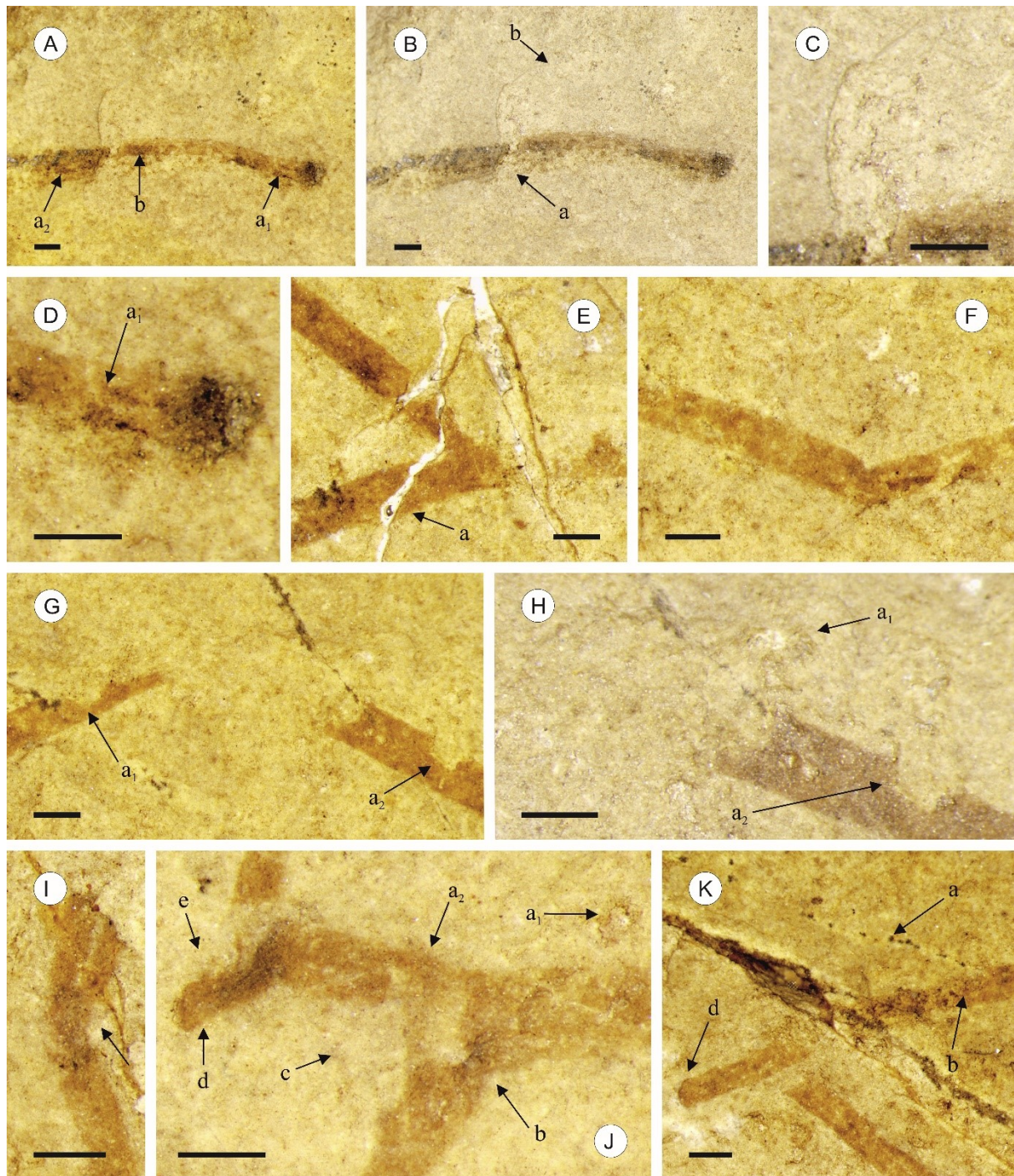
TABULE 2



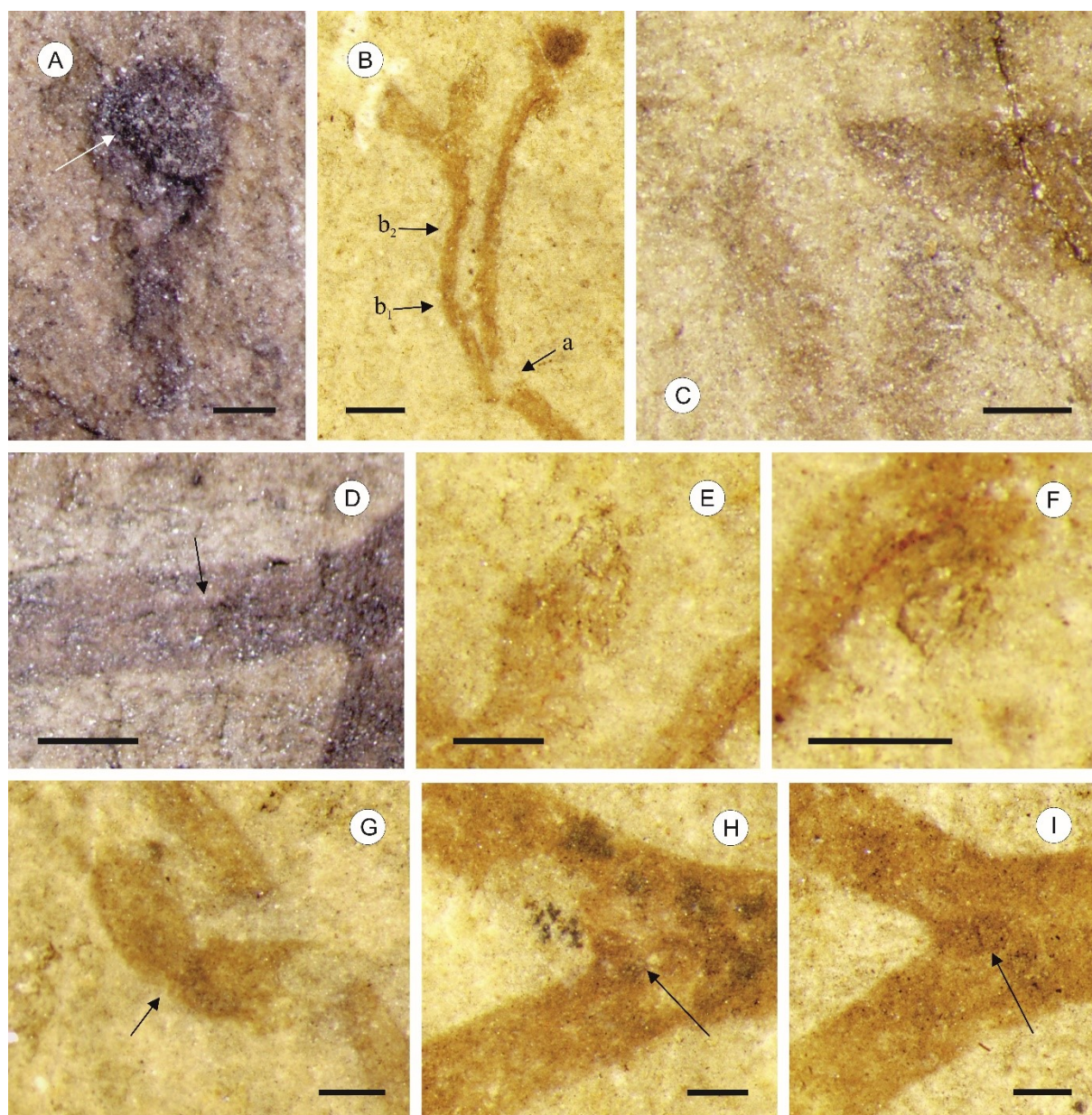
TABULE 3



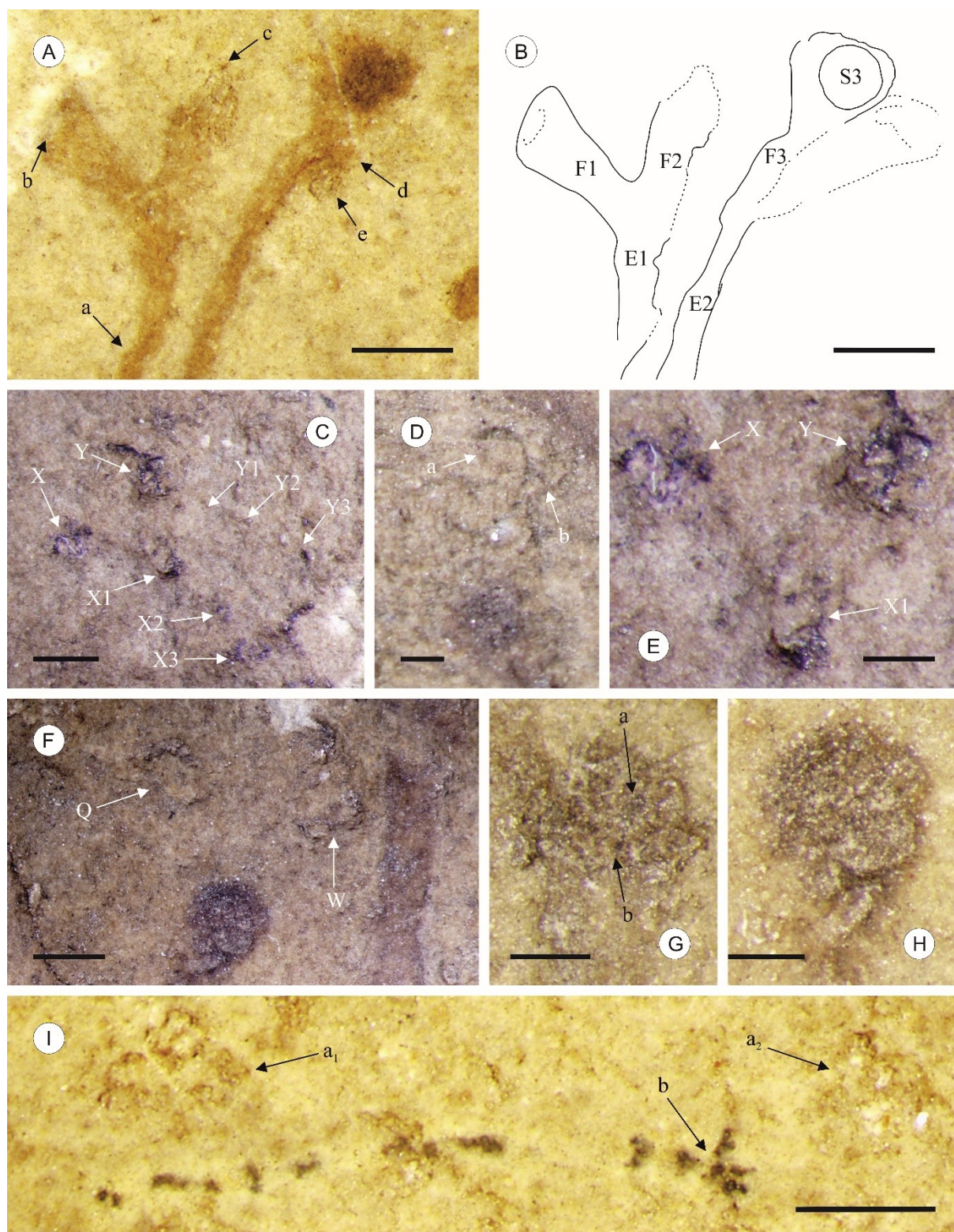
TABULE 4



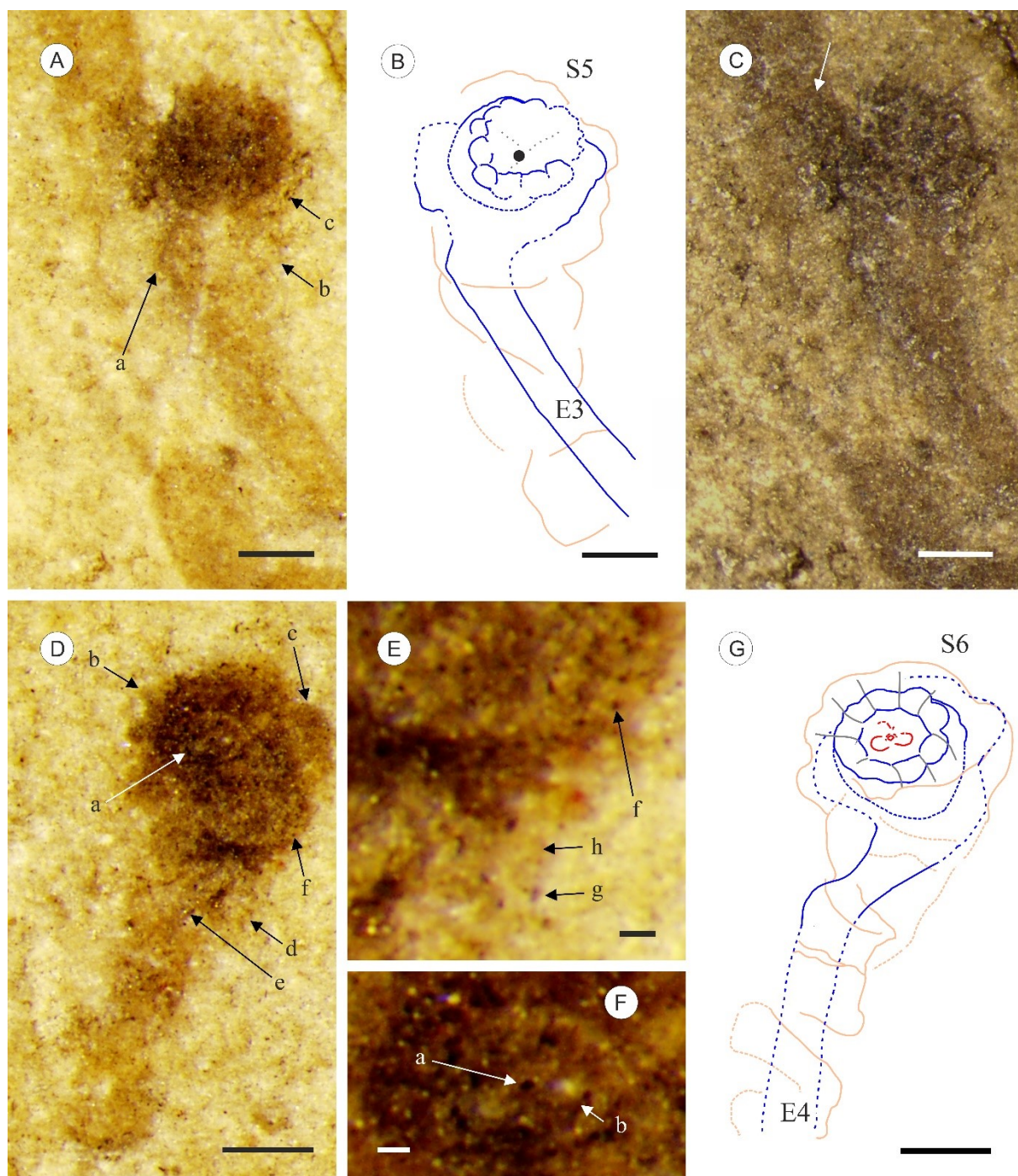
TABULE 5



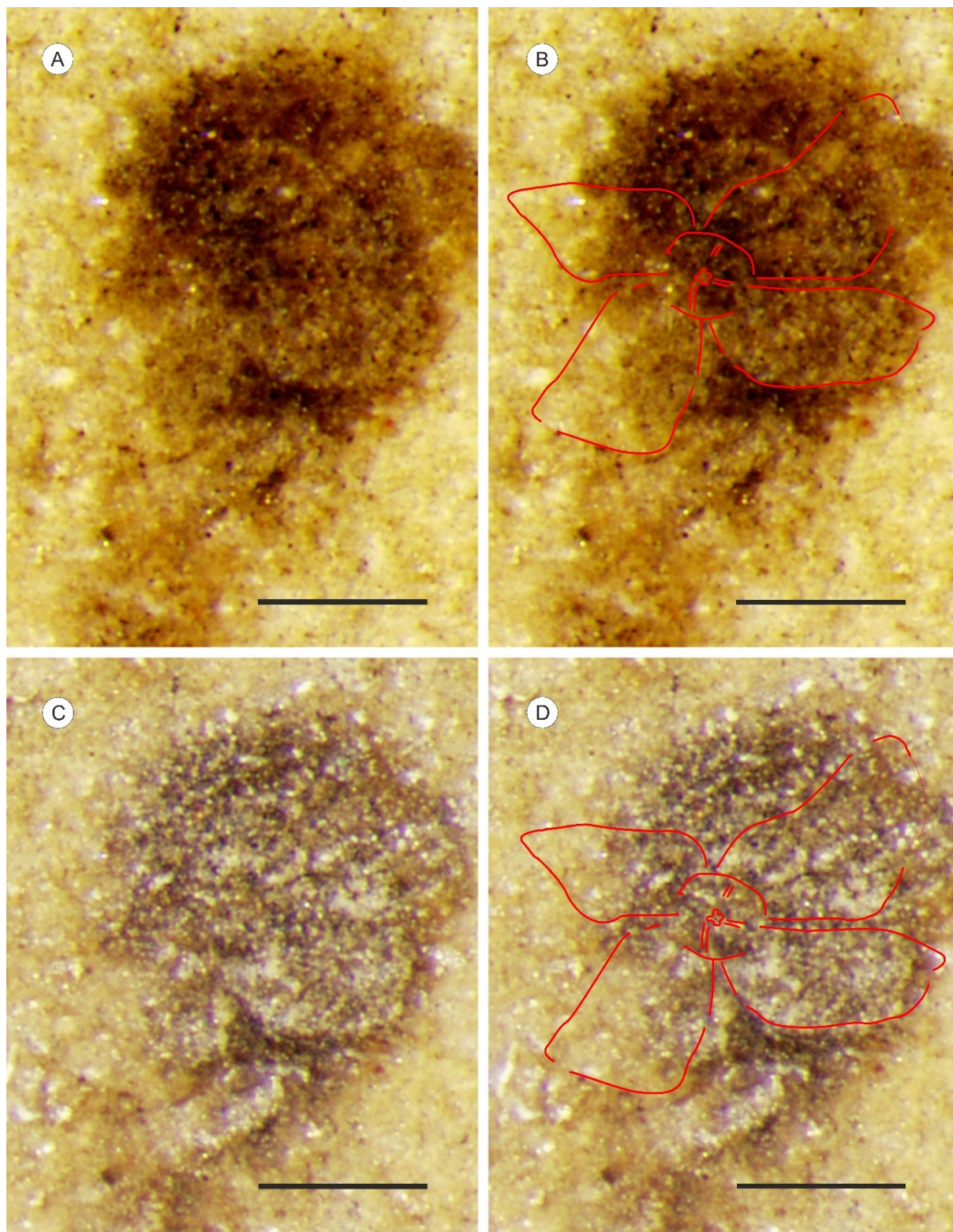
TABULE 6



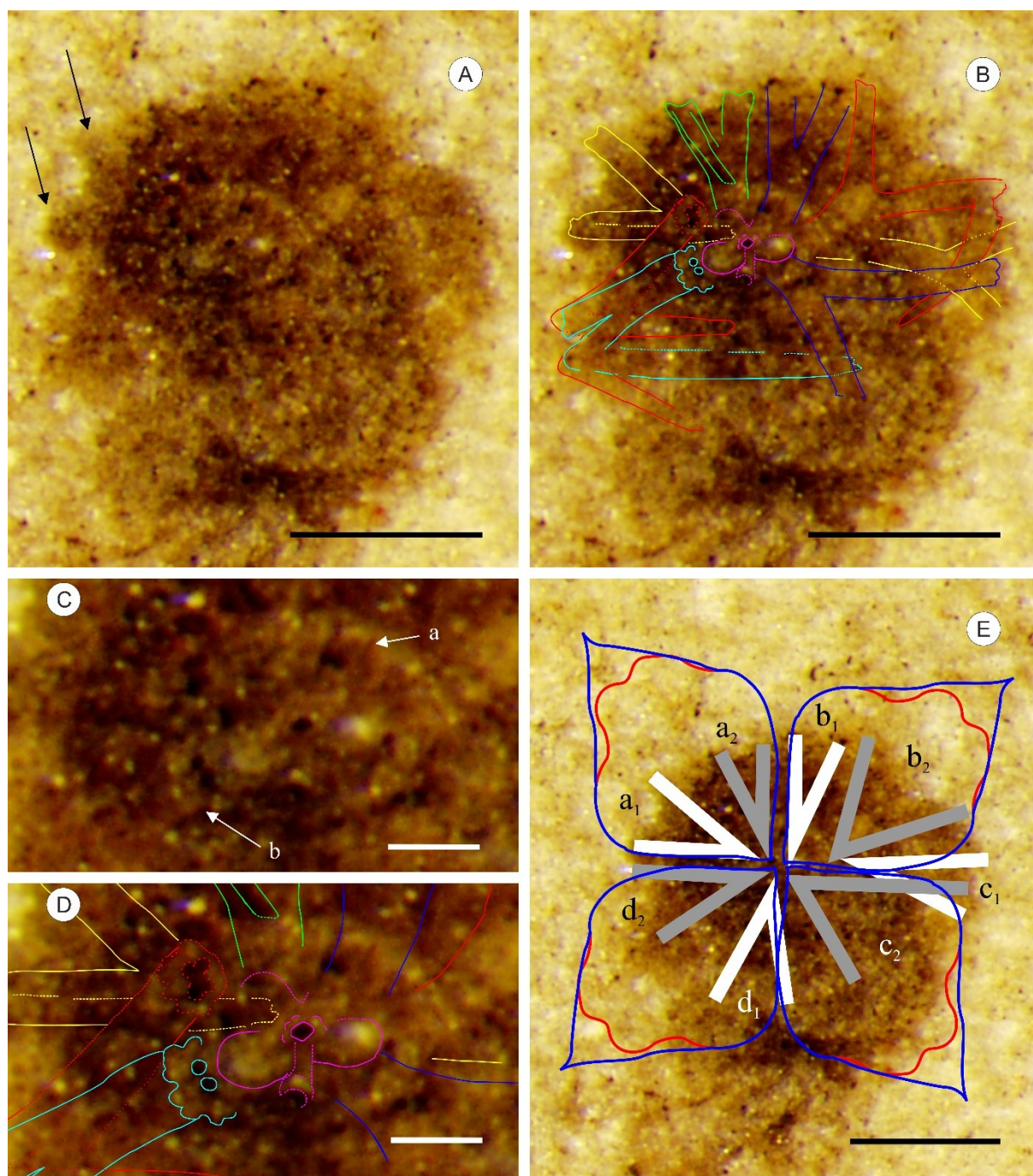
TABULE 7



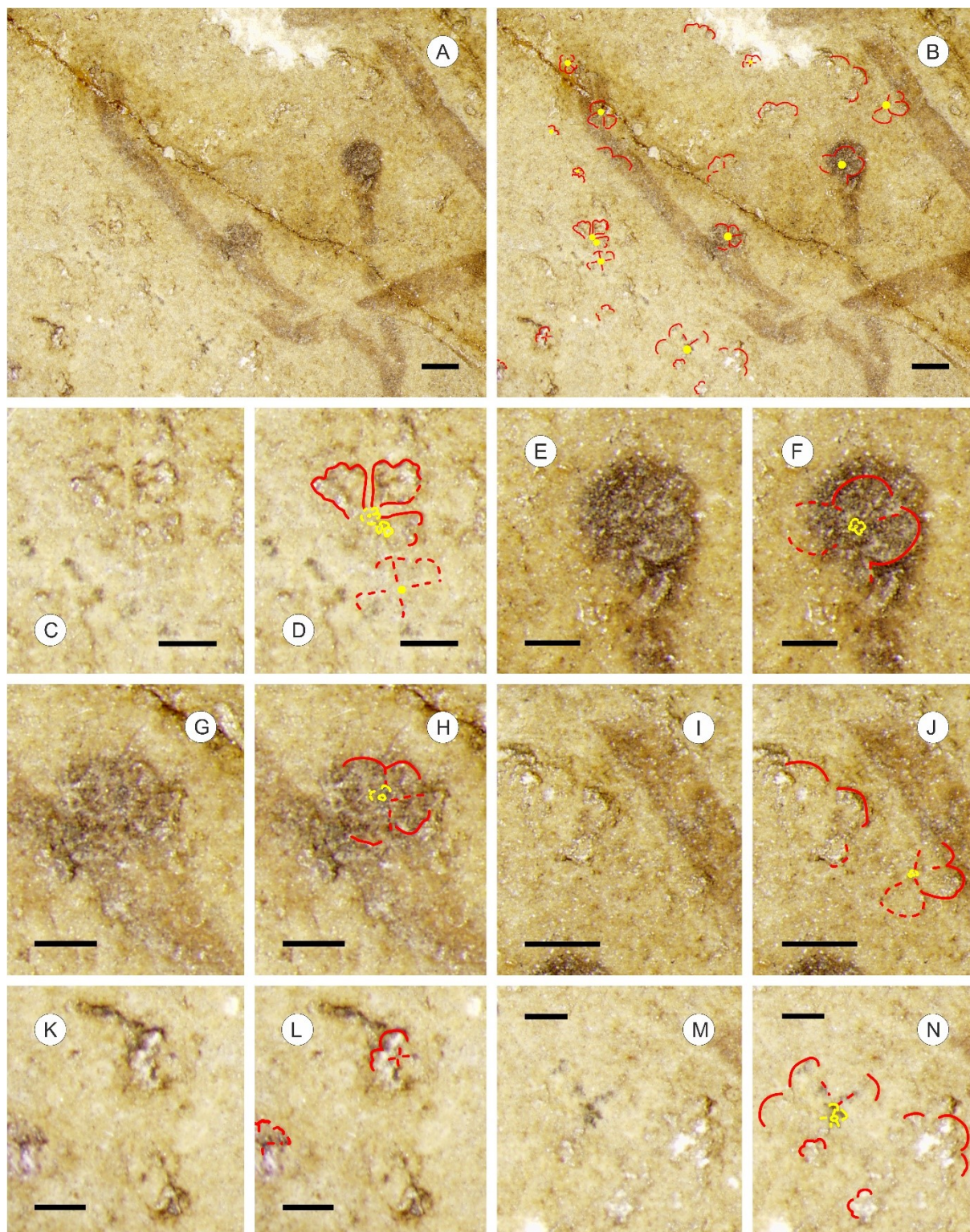
TABULE 8



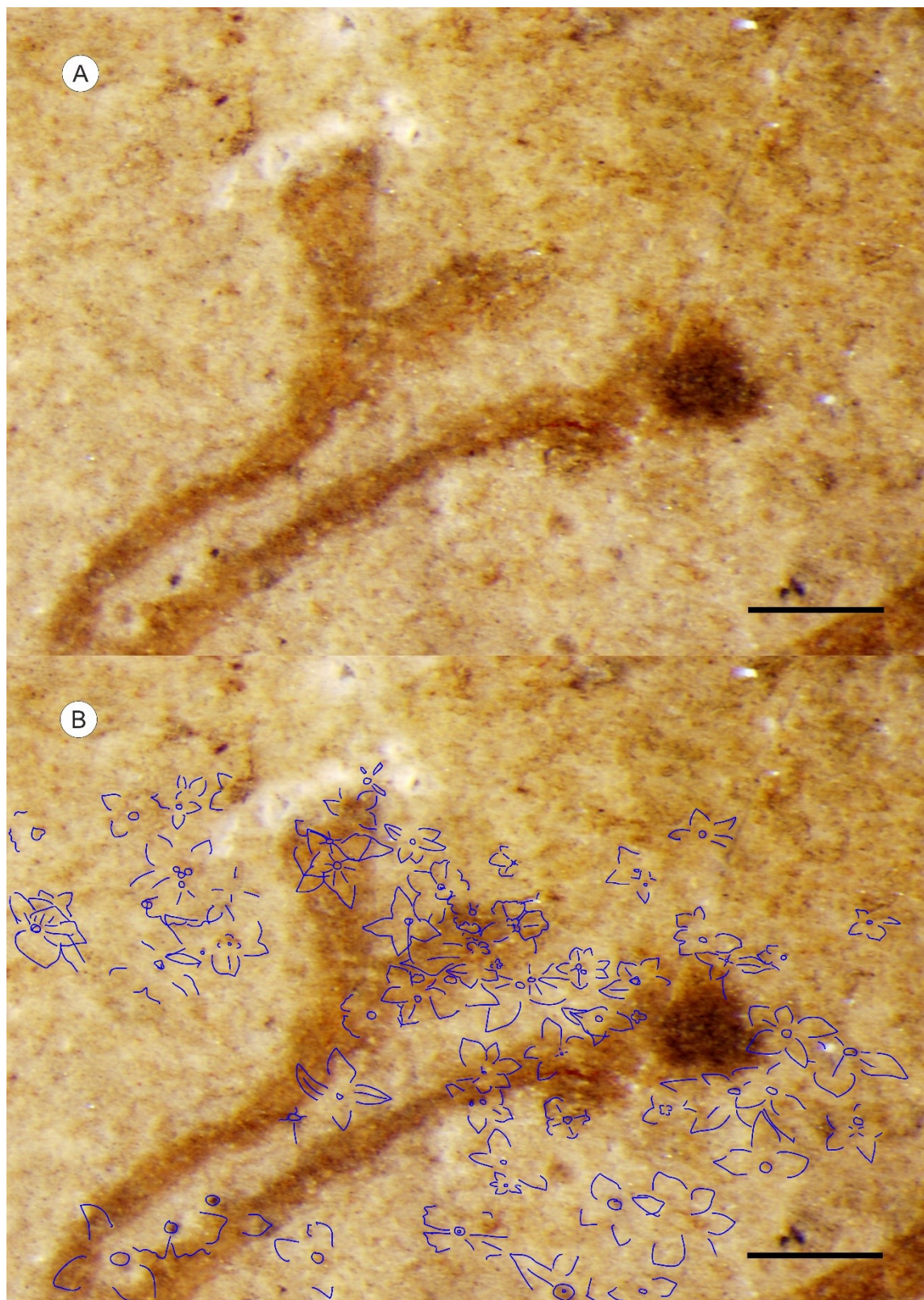
TABULE 9



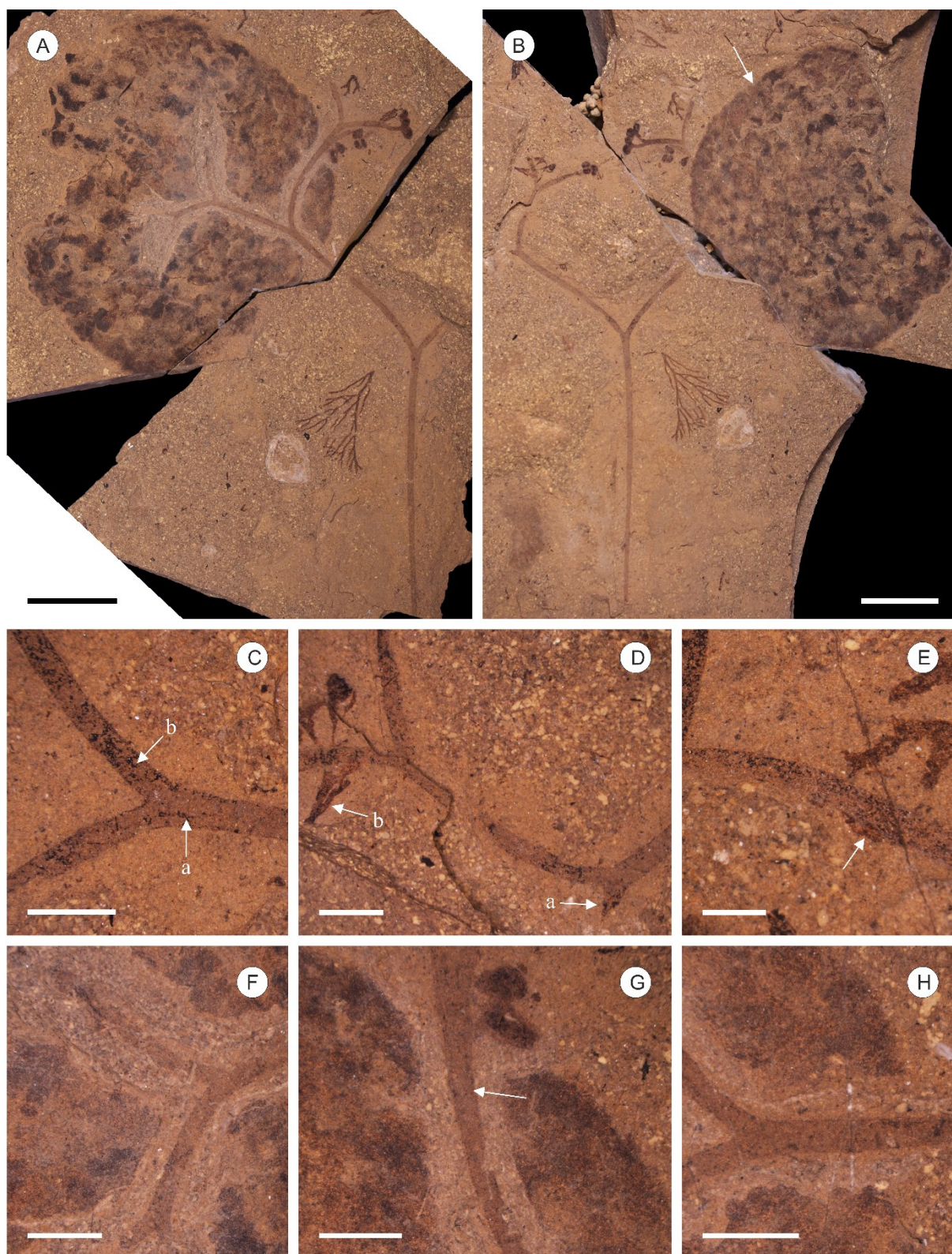
TABULE 10



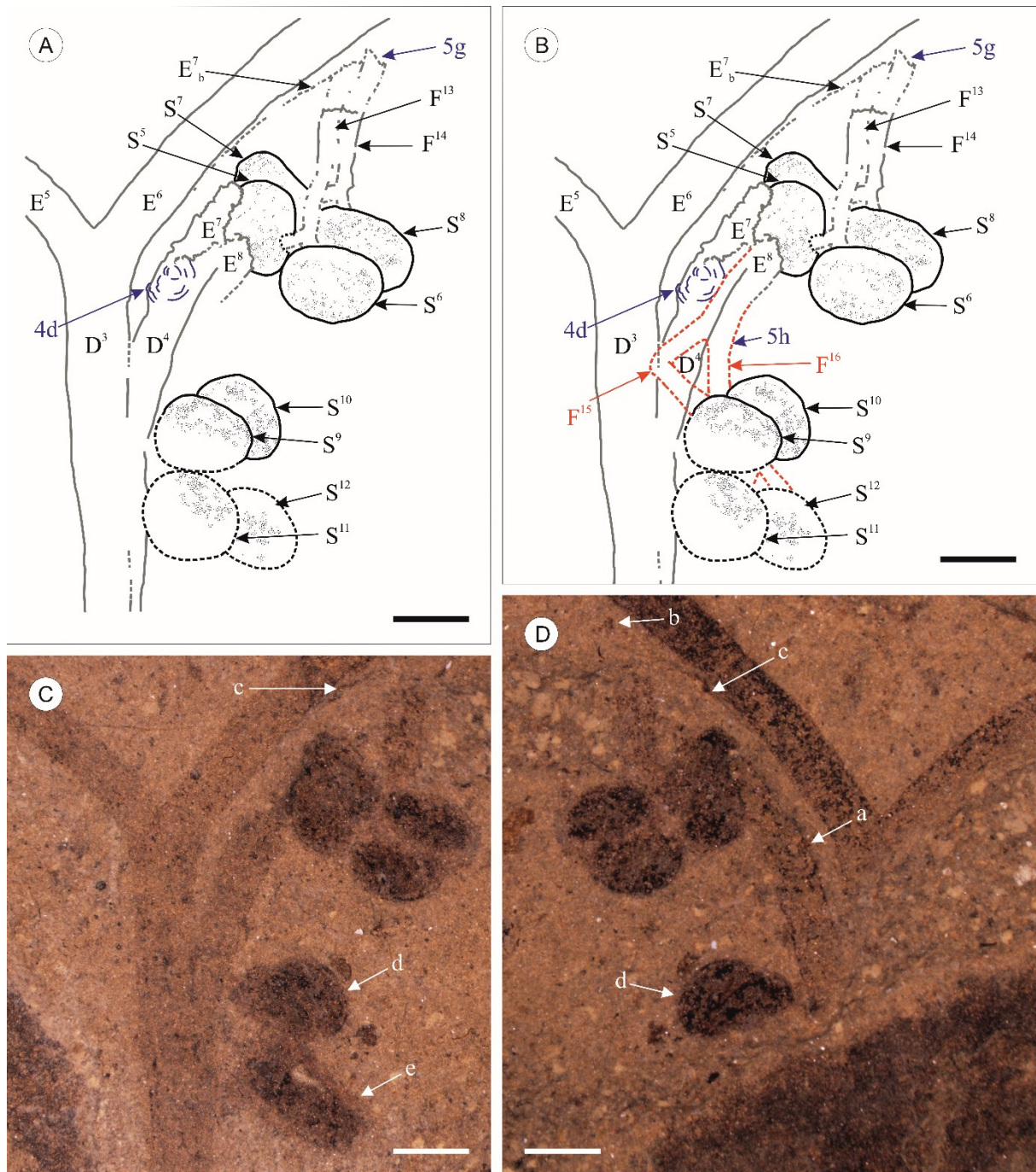
TABULE 11



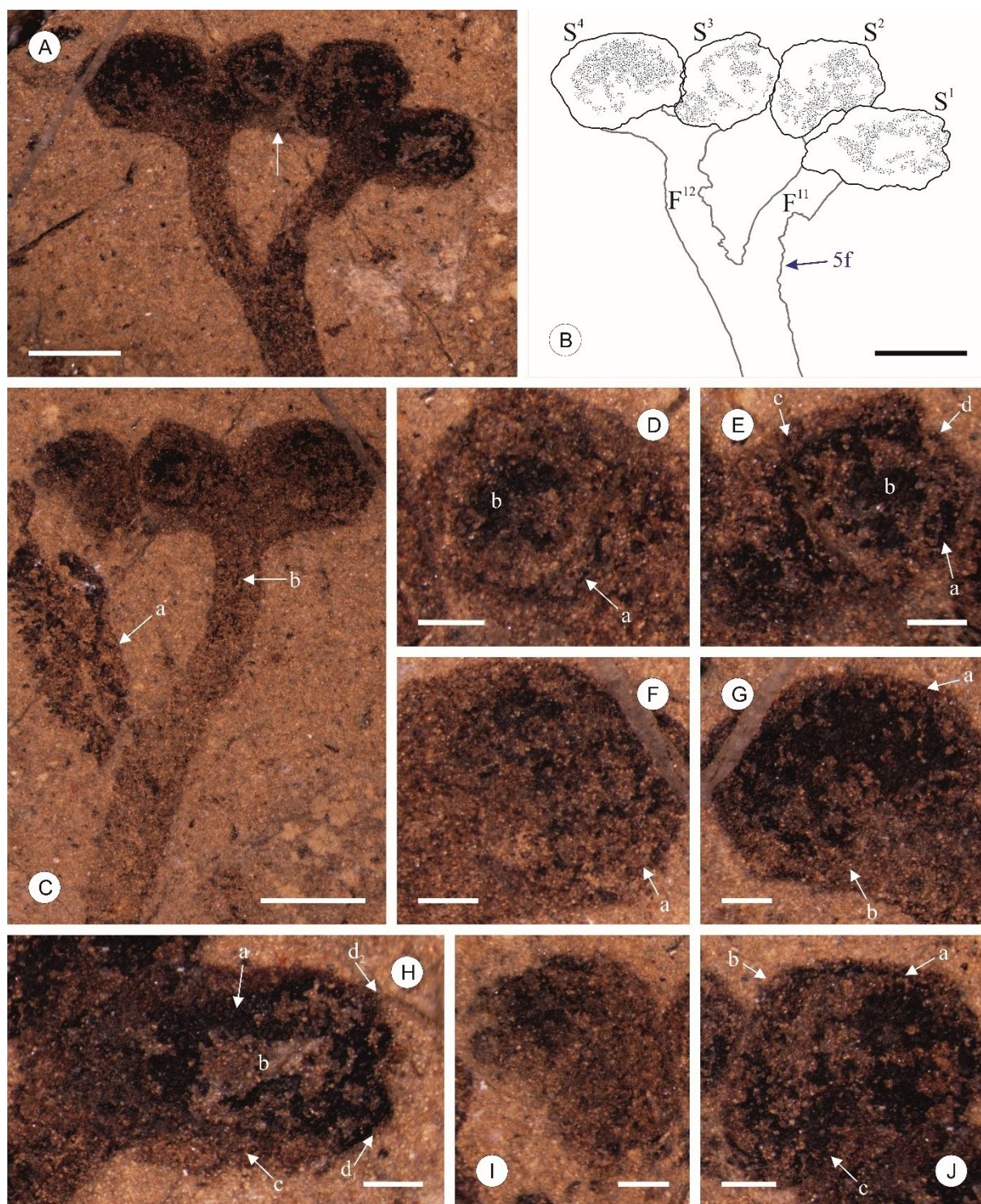
TABULE 12



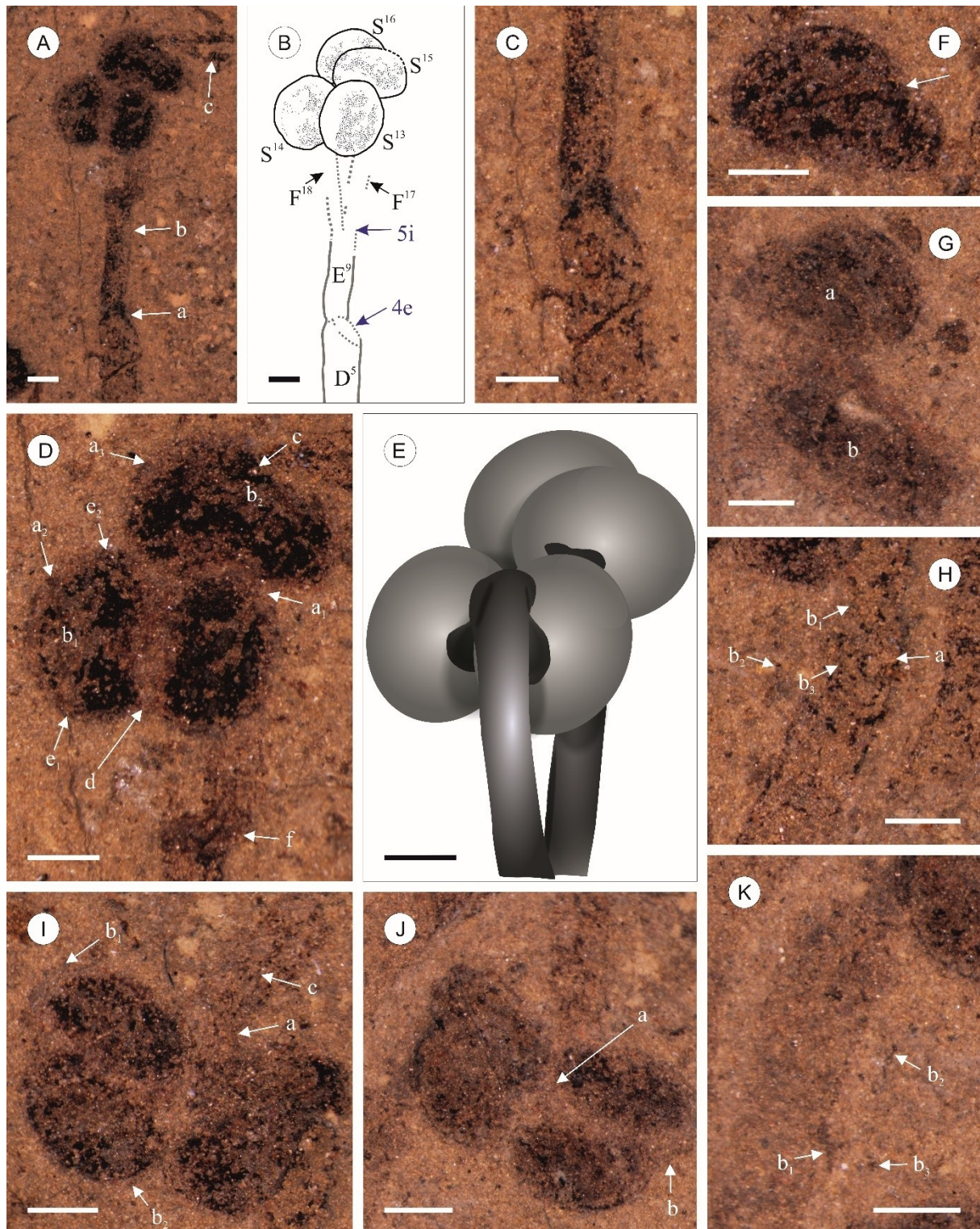
TABULE 13



TABULE 14



TABULE 15



TABULE 16

